全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

金融教材译丛

HZ Books
华章教育

PEARSON

FUNDAMENTALS OF FUTURES AND OPTIONS MARKETS (7th Edition)

期权与期货市场基本原理

（原书第7版）

（加） 约翰 C. 赫尔
John C. Hull 著
加拿大多伦多大学

王勇 袁俊 译
加拿大皇家银行



机械工业出版社
China Machine Press

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

金融教材译丛

FUNDAMENTALS OF FUTURES AND OPTIONS MARKETS (7th Edition)

期权与期货市场基本原理

（原书第7版）

（加）约翰 C. 赫尔 John C. Hull 著
加拿大多伦多大学
王勇 袁俊 译
加拿大皇家银行



机械工业出版社
China Machine Press

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

本书对金融衍生产品市场中的期权和期货的基本理论进行了深入系统的阐述，提供了大量业界实例。本书主要论述了期货市场的运作机制、采用期货的对冲策略、远期及期货价格的确定、期权市场的运作过程、股票期权的性质、期权交易策略、布莱克－斯科尔斯－莫顿模型、希腊值及其应用、波动率微笑、风险价值度、特种期权及其他非标准产品、信用衍生产品、气候和能源以及保险衍生产品等。同时，第7版还增加了证券化、始于2007年的金融危机及雇员股票期权的应用等新内容。本书巧妙地避免了复杂的微积分计算，又不失理论的严谨性，给没有受过金融数学训练的许多金融从业人员提供了很好的指导。

本书适用于高等院校经济、金融相关专业教学用书，也可作为金融机构管理者，特别是衍生产品从业人员的参考用书。

John C. Hull. Fundamentals of Futures and Options Markets, 7th Edition.

ISBN 978-0-13-610322-6

Copyright © 2011, 2008, 2005, 2002, 1998 by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

Simplified Chinese Edition Copyright © 2011 by China Machine Press.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc. This edition is authorized for sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

All rights reserved.

本书中文简体字版由 Pearson Education（培生教育出版集团）授权机械工业出版社在中华人民共和国境内（不包括中国台湾地区和中国香港、澳门特别行政区）独家出版发行。未经出版者书面许可，不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education（培生教育出版集团）激光防伪标签，无标签者不得销售。

封底无防伪标均为盗版
版权所有，侵权必究
本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2010-5391

图书在版编目（CIP）数据

期权与期货市场基本原理（原书第7版）/（加）赫尔（Hull，J. C.）著；王勇译．—北京：机械工业出版社，2011.6

（金融教材译丛）

书名原文：Fundamentals of Futures and Options Markets

ISBN 978-7-111-34616-6

Ⅰ．期… Ⅱ．①赫… ②王… Ⅲ．期货市场－教材 Ⅳ．F830.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第084017号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）
责任编辑：胡智辉　　　　版式设计：刘永青
北京京师印务有限公司印刷
2011年6月第1版第1次印刷
185mm×260mm・28.75印张
标准书号：ISBN 978-7-111-34616-6
定价：65.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
客服热线：（010）88379210；88361066
购书热线：（010）68326294；88379649；68995259
投稿热线：（010）88379007
读者信箱：hzjg@hzbook.com

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

推荐序一

FOREWORD

近年来，随着我国金融市场的不断进步，衍生产品的发展也是日新月异。衍生产品交易市场是一个全球化的市场，在这一市场之中，中资银行要与来自国内外的银行进行广泛的竞争，许多外资银行无论在产品开发还是风险管理方面均处于领先地位。目前，许多中资银行在产品设计、定价以及交易后期的管理能力方面落后于西方银行，许多中资银行不得不依赖于外购的而非针对于国内市场的交易系统，这使得中资银行在市场上处于不利地位。2007 年，美国市场的次级债券问题触发了一个几乎是全球性的金融危机，许多西方银行因资产证券化等衍生产品而蒙受了巨大损失。在这种形势下，我们更要积极地学习衍生产品定价以及其他管理知识，并熟识西方银行的管理方法。工欲善其事，必先利其器。知己知彼，方能百战不殆。

《期权与期货市场基本原理》一书通俗易懂，提供了大量的计算实例以及实景分析，它为国内金融机构的管理者，特别是着力于衍生产品管理这一新型领域的从业人员提供了一个很实用的、详尽的学习和参考工具。我充分相信此书的引入会更有效地帮助从业人员了解衍生产品的基础知识，并提高金融从业人员的专业水准。

我认为《期权与期货市场基本原理》中文译著是值得一读的好书。

常振明

中信集团公司董事长

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

推荐序二

FOREWORD

曾经我的一个学生去上海的一家金融机构面试，被问及在金融数学、金融工程方面曾经修过哪几本书时，在他列举的书目中有约翰·赫尔教授的著作，这时考官马上回到他的办公室找到约翰·赫尔教授的书，翻出书中的一个问题进行提问……我相信这个故事已经重复了不知多少次：约翰·赫尔教授在金融工程领域享有盛名，他的衍生产品和风险管理著作在业界被视为“圣经”。

《期权与期货市场基本原理》一书对金融衍生产品市场的基本产品期权及期货的基本定价理论进行了系统的阐述，提供了大量的实例。在该书中，作者巧妙地避免了微积分，但却没有丧失理论的严谨性，给没有受过金融数学训练的许多金融从业人员解决实际问题提供了很好的指导；而在校学生则可以通过书中列举的大量实例和作业题，进一步理解概念和掌握操作程序及实际流程，并且在实习和工作时掌握与同事、上下级交流的方法和艺术，我认为这本书的深度特别适合目前的国情。

随着我国经济的飞速发展、对外开放程度的深化，金融机构和企业对金融衍生产品的需求正在快速上升，金融风险管理已变得越来越重要。金融数学和金融工程对金融衍生产品市场的健康发展起着关键性的作用。金融工程主要采用数学工具来建立金融市场模型，解决问题，这是一门还在迅速发展的重要的新兴学科。除了掌握一些必需的数学知识外，金融工程的学生还需要掌握期货和期权定价、固定收益分析、利率模型、风险管理、投资组合分析等基础知识。很多高校意识到了发展这个学科的紧迫性，设立了金融数学、金融工程专业，我们应充分研究及理解金融数学的理论、方法和掌握金融工程技术以应对市场需求。

我推荐《期权与期货市场基本原理》中文译著，它为高校学生提供了一个学习和参考工具，我充分相信此书也会成为从业人员的良师益友。我非常感谢译者王勇博士和袁俊博士，他们结合自身的实战管理经验，字斟句酌地将此书翻译成中文，译文准确流畅，会使我们很多人受益。

彭实戈
中国科学院院士，山东大学教授

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

译者序 FOREWORD

我们在大学时，学的并非是金融专业，赫尔教授的著作把我们领进了金融领域，他的著作在多个方面丰富了我们的金融知识，他的著作与时俱进，每次更新均反映了市场最新的信息。可以说，约翰·赫尔教授的著作时时刻刻对我们的事业都有着深刻影响。

2007 年年中开始的由美国次贷衍生产品所引发的全球金融危机带给我们很多教训和启示。在疾风暴雨过去之后，业界的管理人员应该痛定思痛，深刻反省自身在风险管理和衍生产品管理过程中的失误。2010 年，中国证券市场引入了融资融券、股指期货等金融创新产品。无疑，金融创新是市场发展的动力，但金融危机给我们敲响的一个警钟就是过度创新和由于对产品的无知所造成的管理乏力会给市场带来灭顶之灾。《期权与期货市场基本原理》（第 7 版）是可供从业人士学习的一本既实用又详尽的教材。通过本书，业界人员首先可以全面地了解衍生产品的市场运作功能，并同时了解管理相应风险的重要环节。

自从约翰·赫尔教授的三部著作《风险管理与金融机构》（第 2 版）、《期权与期货市场基本原理》（第 6 版）、《期权、期货及其他衍生产品》（第 7 版）在国内出版以来，我们收到了许多读者的反馈，其中有热情洋溢的赞扬，也有严肃中肯的建议和批评。我们在翻译《期权与期货市场基本原理》（第 7 版）的过程中，尽量采纳了读者的建设性的意见和建议，对原书中的多处笔误，我们也在翻译稿中进行了纠正。

在此书的翻译过程中，我们得到了许多人的热情帮助，包括加拿大皇家银行的刘彬彬博士、杜宇博士、李翼虎先生，美国纽约银行梅隆资产公司的陈志博士。皇后大学的索吾林教授和招商银行的李明强先生仔细阅读了中文稿的全文并对书中的名词翻译的一致性以及公式的准确性提出了宝贵的建议。中国工商银行的殷俊先生对于文稿的打印提供了及时的帮助，同时对名词翻译的一致性也提出了宝贵建议，我们在此表示感谢。

回首过去几个月的辛劳，家人的体谅和关怀让我们能够尽快完成翻译工作。我们在此要特别分别感谢我们的妻子金燕敏和董蓉，此书凝聚了她们对我们的体贴和鼓励。我们还要特别感谢机械工业出版社华章公司的工作人员，他们对于此书的策划提供了帮助并对文稿的校对提供了宝贵的意见及建议，我们在此表示感谢。

此书的中文翻译肯定会有不尽如人意之处，我们衷心希望读者提出批评指正。读者可以从网页 www.drfrm.com 下载该书的勘误表，来信请寄 yong.wang@rbc.com 或 jun.yuan@rbc.com。

王勇　袁俊
于加拿大多伦多

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

前　言
PREFACE

一些欣赏我的另外一本书《期权、期货及其他衍生产品》的同事曾指出那本书的内容对他们的学生有一定的难度，这些同事说服了我写一本新书。这本新书名为《期权与期货市场基本原理》，其内容囊括了《期权、期货及其他衍生产品》一书的基础理论，但这本新书对于那些数学知识有限的读者较为适合。以上两本书的主要区别是《期权与期货市场基本原理》一书没有涉及微积分，这本书适用于本科生或商学院、经济系及其他研究生院选修课。另外，从业人员可以选用这本书来提高自身对于期货及期权的了解。

自从《期权与期货市场基本原理》(第6版）发行以来，世界经历了一场严重的金融危机，衍生产品市场饱受批评。有的学生希望能讨论这个话题，我也觉得在课堂的早期就此展开讨论是合适的，所以本书（第8章）针对金融危机，介绍了次级贷款派生出来的产品，讨论问题所在以及展望将来如何防范危机。

教师可以用多种形式应用本书，有些教师可以只选用此书从开始直到二叉树(binomial tree）为止的前12章的内容，如果有些教师希望讲授更多的内容，可以在第13～25章中选取，选取内容的顺序可以随意。从第18章开始，本书的每一章均相互独立，在课程中忽略其中任意一章都不会影响课程的连贯性。我建议在课程中包括第25章，学生会发现这一章非常有趣。

本版新增内容

本版对书中的许多内容以及内容的介绍进行了更新，例如：

1. 新增第8章特别介绍了证券化和信用危机；自从第6版问世以来，金融市场上发生的很多事件使得这一话题格外引人注目。

2. 新增第14章特别讲述了雇员股票期权，强调由于会计准则的变化，使得对雇员股票期权的理解以及定价变得格外重要。

3. 第3章中关于运用期货进行对冲的内容有所简化，同时采纳了一些教师的建议，在附录中介绍了标准差、相关性、线性回归以及资本资产定价模型的相关内容。

4. 风险价值度的实例中采用了信用危机的实际数据，这样做使得内容更为有趣，同时使得教师可以布置更广泛的作业。

5. 新增了期货式期权、场外衍生产品交易清算中心的用途以及VIX指数的内容。

6. 加强了DerivaGem的软件功能，2.0版本覆盖了信用衍生产品，信用衍生产品近年来在衍生产品市场变得日益重要。DerivaGem同时提供与苹果机和Linux系统的

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Open Office 相兼容的版本。

7. 新增许多课堂习题和作业题。
8. 测验题库有所改进。

软件

本书介绍 DerivaGem 软件的第 2.0 版本，该软件包括两个 Excel 的应用：期权计算器及应用工具。期权计算器提供了友好的用户界面，可以定价多种期权，应用工具中包括 Excel 若干函数，用户可以在这些函数的基础上研发自身的应用程序，应用工具中包括若干样本程序，学生可以利用这些程序来检测期权的性质并可以较为容易地将这些程序用于数值计算，教师也可以用这些函数来设计更为有趣的作业题。

问题解答

每章章末（最后一章除外）都有 7 个测验题，学生可以用这些测验题来检验自身对每章主要概念的理解，这些题目的答案附在书的后面。同时，全书还有 300 道练习题以及 100 多道作业题。

致谢

在写作过程中，许多人提供了帮助。一一列举所有给过此书建议的人，名单就太长了。这里我想强调，我特别受益于许多学术界用本书授课的同仁的建议，以及金融从业人员的评论；同时特别感谢多伦多大学的学生，他们为此书提供了许多非常好的建议。感谢 Geometric 出版社的 Eddie Mizzi 的编辑工作和装订。

我要特别感谢 Alan White，他是我在多伦多大学的同事。在过去的 25 年里，Alan 和我在期权及期货领域有许多合作研究。在这期间，我们花了大量的时间共同探讨一些期权及期货的问题，书中采用的许多新观点，以及对一些旧观点的新的解释方法是 Alan 和我共同拥有的。Alan 是 DerivaGem 软件的主要开发者。

我要特别感谢培生出版社的编辑 Donna Battista 以及她的编辑团队，我在此感谢他们对我的热情帮助、建议以及鼓励。欢迎读者对此书提出建议。我的 e-mail 地址是 hull@rotman.utoronto.ca。

约翰 C. 赫尔

多伦多大学罗特曼管理学院

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net



作者简介

ABOUT THE AUTHOR

约翰 C. 赫尔（衍生产品及风险管理教授）

约翰·赫尔教授在衍生产品以及风险管理领域享有盛名，他最新的研究领域包括信用风险、雇员股票期权、波动率曲面、市场风险以及利率衍生产品。他和艾伦·怀特（Alan White）教授因研发出 Hull-White 利率模型而荣获 Nikko-LOR 大奖。他曾为北美、日本以及欧洲多家金融机构提供金融咨询。



约翰·赫尔教授著有 *Risk Management and Financial Institutions*（中文版名为《风险管理与金融机构》），*Options, Futures, and Other Derivatives*（中文版名为《期权、期货及其他衍生产品》）和 *Fundamentals of Futures and Options Markets*（中文版名为《期权和期货市场基本原理》）等金融专著。这些著作被翻译成多种语言，并在世界不同地区的交易大厅中广泛应用。赫尔教授曾荣获多项大奖，其中包括多伦多大学著名的 Northrop Frye 教师大奖。1999 年，他被国际金融工程协会（International Association of Financial Engineers）评为年度金融工程大师（Financial Engineer of the Year）。

约翰·赫尔教授现任职于多伦多大学罗特曼管理学院。他曾任教于加拿大约克大学、加拿大英属哥伦比亚大学、美国纽约大学、英国克兰菲尔德大学、英国伦敦商学院等。他现为 8 本学术杂志的编委。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net



译者简介

ABOUT THE TRANSLATOR

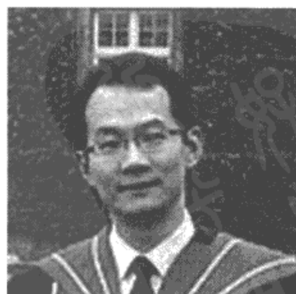
王勇（博士、CFA、FRM）

1985 年毕业于西安交通大学，1994 年获加拿大达尔豪斯大学数学博士学位，同年加盟加拿大皇家银行，持有 CFA 和 FRM 证书。现任加拿大皇家银行集团副总裁、全球风险管理部董事总经理，主管全行的模型定量分析，包括资本市场、信用风险及资产负债管理的模型。自入行以来，王勇博士连年业绩显赫，获得银行“优秀风险管理人奖”、“同行认可奖”、“卓越成就奖”。2009 年被加拿大多家社团组织授予“加拿大杰出专业人士奖”，2010 年初在上海举办的世界华人金融精英陆家嘴峰会上获“世界华人金融贡献奖”。



除了银行管理工作，王勇博士还曾是加拿大多伦多大学罗特曼管理学院授课教授，主讲金融课程“期权、期货及其他衍生产品”。王勇博士是加拿大证券学院高级顾问、中国多家商业银行的特邀专家顾问。王勇博士曾在多伦多和北京举办 FRM 培训，效果显著，许多考生凭借他的指导，顺利地通过了 FRM 考试。王勇博士是注册金融分析师（CFA）、注册风险管理师（FRM），加中金融协会创始人之一，现任会长。

袁俊（博士、FRM）



袁俊博士现任加拿大皇家银行全球市场风险定量分析部经理，主要负责股票相关产品（包括股指期货、期权和其他衍生品）的定量分析，业务涉及产品模型定价、对冲策略以及风险管理。

袁俊博士 2001 年毕业于中国上海交通大学本科，2003 年获加拿大女皇大学硕士学位，2007 年获加拿大多伦多大学博士学位；他现在是注册风险管理师（FRM）。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

目 录
CONTENTS

推荐序一（常振明）
推荐序二（彭实戈）
译者序
前言
作者简介
译者简介

第1章 引言 …… 1
1.1 期货合约 …… 1
1.2 期货市场的历史 …… 2
1.3 场外交易市场 …… 3
1.4 远期合约 …… 4
1.5 期权合约 …… 5
1.6 期权市场的历史 …… 7
1.7 交易员的种类 …… 7
1.8 对冲者 …… 8
1.9 投机者 …… 10
1.10 套利者 …… 12
1.11 危害 …… 13
小结 …… 14
推荐阅读 …… 14
测验题 …… 14
练习题 …… 15
作业题 …… 15

第2章 期货市场的运作机制 …… 17
2.1 期货合约的开仓与平仓 …… 17
2.2 期货合约的规定 …… 18
2.3 期货价格收敛到现货价格的特性 …… 20
2.4 保证金的运作 …… 20
2.5 场外市场 …… 23
2.6 报纸上的报价 …… 25
2.7 交割 …… 26
2.8 交易员类型及交易指令类型 …… 28
2.9 监管 …… 29
2.10 会计及税收 …… 29
2.11 远期与期货合约比较 …… 31
小结 …… 32
推荐阅读 …… 33
测验题 …… 33
练习题 …… 34
作业题 …… 34

第3章 采用期货的对冲策略 …… 36
3.1 基本原理 …… 36
3.2 拥护及反对对冲的观点 …… 38
3.3 基差风险 …… 41
3.4 交叉对冲 …… 44
3.5 股指期货 …… 46
3.6 向前滚动对冲 …… 50
小结 …… 52
推荐阅读 …… 52
测验题 …… 53
练习题 …… 53
作业题 …… 54
附录3A 统计的重要概念与资本资产定价模型 …… 56

第4章 利率 …… 59
4.1 利率的类型 …… 59
4.2 利率的测定 …… 61

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

4.3 零息利率 …… 63
4.4 债券的价格 …… 63
4.5 国库券零息利率的确定 …… 64
4.6 远期利率 …… 65
4.7 远期利率合约 …… 67
4.8 利率期限结构理论 …… 69
小结 …… 70
推荐阅读 …… 71
测验题 …… 71
练习题 …… 72
作业题 …… 72
附录 4A 指数函数与对数函数 …… 74

第 5 章 远期及期货价格的确定 …… 75
5.1 投资资产及消费资产 …… 75
5.2 卖空交易 …… 75
5.3 假设与符号 …… 77
5.4 投资资产的远期价格 …… 77
5.5 提供已知中间收入的资产 …… 79
5.6 收益率已知的情形 …… 81
5.7 远期合约的定价 …… 82
5.8 远期与期货价格相等吗 …… 83
5.9 股指期货价格 …… 84
5.10 货币的远期和期货合约 …… 85
5.11 商品期货 …… 87
5.12 持有成本 …… 90
5.13 交割选择 …… 90
5.14 期货价格与预期现货价格 …… 90
小结 …… 92
推荐阅读 …… 93
测验题 …… 93
练习题 …… 93
作业题 …… 94

第 6 章 利率期货 …… 96
6.1 天数计量与报价惯例 …… 96
6.2 美国国债期货 …… 98
6.3 欧洲美元期货 …… 101
6.4 久期 …… 104
6.5 采用期货实现基于久期的对冲 …… 108
小结 …… 110
推荐阅读 …… 111
测验题 …… 111
练习题 …… 111
作业题 …… 112

第 7 章 互换 …… 114
7.1 互换合约的机制 …… 114
7.2 天数计量惯例 …… 119
7.3 确认书 …… 119
7.4 比较优势的观点 …… 120
7.5 互换利率的实质 …… 122
7.6 确定 LIBOR/互换零息利率 …… 123
7.7 利率互换的定价 …… 124
7.8 货币互换 …… 127
7.9 货币互换的定价 …… 129
7.10 信用风险 …… 131
7.11 其他类型的互换 …… 132
小结 …… 134
推荐阅读 …… 134
测验题 …… 135
练习题 …… 135
作业题 …… 136

第 8 章 证券化与 2007 年信用危机 …… 138
8.1 证券化 …… 138
8.2 美国住房市场 …… 141
8.3 问题的症结 …… 144
8.4 避免将来的危机 …… 145
小结 …… 147
推荐阅读 …… 148
测验题 …… 148
练习题 …… 148
作业题 …… 148

第 9 章 期权市场的运作过程 …… 149
9.1 期权的类型 …… 149

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

9.2 期权头寸 …… 152
9.3 标的资产 …… 153
9.4 股票期权的特征 …… 154
9.5 交易 …… 157
9.6 佣金 …… 158
9.7 保证金 …… 158
9.8 期权清算公司 …… 160
9.9 监管规则 …… 160
9.10 税收 …… 160
9.11 认股权证、雇员股票期权和可转换证券 …… 162
9.12 场外市场 …… 162
小结 …… 162
推荐阅读 …… 163
测验题 …… 163
练习题 …… 163
作业题 …… 164

第 10 章 股票期权的性质 …… 166
10.1 影响期权价格的因素 …… 166
10.2 假设及符号 …… 169
10.3 期权价格的上限与下限 …… 170
10.4 看跌 - 看涨平价关系式 …… 173
10.5 无股息股票的看涨期权 …… 175
10.6 无股息股票的看跌期权 …… 176
10.7 股息对期权的影响 …… 178
小结 …… 179
推荐阅读 …… 180
测验题 …… 180
练习题 …… 180
作业题 …… 181

第 11 章 期权交易策略 …… 183
11.1 包括单一期权和股票的策略 …… 183
11.2 差价期权 …… 185
11.3 组合期权 …… 191
11.4 具有其他收益形式的期权 …… 194
小结 …… 194
推荐阅读 …… 195
测验题 …… 195
练习题 …… 195
作业题 …… 196

第 12 章 二叉树简介 …… 197
12.1 单步二叉树模型 …… 197
12.2 风险中性定价 …… 200
12.3 两步二叉树 …… 201
12.4 看跌期权实例 …… 203
12.5 美式期权 …… 204
12.6 Delta …… 205
12.7 确定 u 和 d …… 206
12.8 增加二叉树的时间步数 …… 207
12.9 其他标的资产的期权 …… 207
小结 …… 210
推荐阅读 …… 211
测验题 …… 211
练习题 …… 211
作业题 …… 212

第 13 章 期权定价：布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型 …… 213
13.1 关于股票价格变化的假设 …… 214
13.2 预期收益率 …… 216
13.3 波动率 …… 217
13.4 由历史数据估计波动率 …… 217
13.5 布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型中的假设 …… 220
13.6 无套利理论的实质 …… 220
13.7 布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿定价模型 …… 221
13.8 风险中性定价 …… 223
13.9 隐含波动率 …… 224
13.10 股息 …… 225
小结 …… 227
推荐阅读 …… 227
测验题 …… 228
练习题 …… 228

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

作业题 …… 229
附录 13A 支付股息股票美式看涨期权的提前行使 …… 231

第 14 章 雇员股票期权 …… 232
14.1 合约的设计 …… 232
14.2 期权会促进股东与管理人员利益一致吗 …… 233
14.3 会计问题 …… 234
14.4 定价 …… 235
14.5 倒填日期丑闻 …… 237
小结 …… 238
推荐阅读 …… 238
测验题 …… 239
练习题 …… 239
作业题 …… 239

第 15 章 股指期权和货币期权 …… 240
15.1 股指期权 …… 240
15.2 货币期权 …… 242
15.3 支付连续股息的股票期权 …… 244
15.4 股指期权的定价 …… 245
15.5 欧式货币期权的定价 …… 247
15.6 美式期权 …… 248
小结 …… 249
推荐阅读 …… 249
测验题 …… 249
练习题 …… 250
作业题 …… 251

第 16 章 期货期权 …… 252
16.1 期货期权的特性 …… 252
16.2 期货期权被广泛应用的原因 …… 254
16.3 欧式即期期权及欧式期货期权 …… 254
16.4 看跌－看涨期权平价关系式 …… 254
16.5 期货期权的下限 …… 255
16.6 采用二叉树对期货期权定价 …… 256
16.7 期货价格作为支付连续股息的资产 …… 257
16.8 对期货期权定价的布莱克模型 …… 258
16.9 用布莱克模型代替布莱克－斯科尔斯－莫顿模型 …… 258
16.10 美式期货期权与美式即期期权 …… 259
16.11 期货式期权 …… 259
小结 …… 260
推荐阅读 …… 260
测验题 …… 260
练习题 …… 261
作业题 …… 262

第 17 章 希腊值 …… 263
17.1 例解 …… 263
17.2 裸露头寸和掩护头寸 …… 264
17.3 止损交易策略 …… 264
17.4 Delta 对冲 …… 265
17.5 Theta …… 271
17.6 Gamma …… 272
17.7 Delta、Theta 和 Gamma 之间的关系 …… 276
17.8 Vega …… 276
17.9 Rho …… 278
17.10 对冲的现实性 …… 278
17.11 情景分析 …… 279
17.12 公式的推广 …… 279
17.13 构造合成期权来对证券组合进行保险 …… 281
17.14 股票市场波动率 …… 283
小结 …… 284
推荐阅读 …… 284
测验题 …… 285
练习题 …… 285
作业题 …… 286

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

第 18 章　实际应用的二叉树 ………… 288
18.1　无股息股票的二叉树模型 … 288
18.2　采用二叉树来对股指、货币及期货期权定价 …………… 293
18.3　支付股息的股票的二叉树模型 ……………………… 295
18.4　基本二叉树方法的推广 …… 298
18.5　构造树形的其他方法 ……… 300
18.6　蒙特卡罗模拟法 …………… 301
小结 ……………………………… 302
推荐阅读 ………………………… 302
测验题 …………………………… 302
练习题 …………………………… 303
作业题 …………………………… 303

第 19 章　波动率微笑 ………………… 305
19.1　货币期权 …………………… 305
19.2　股票期权 …………………… 308
19.3　波动率期限结构与波动率曲面 ………………………… 309
19.4　当预期会有单一的大跳跃时 …………………… 310
小结 ……………………………… 312
推荐阅读 ………………………… 312
测验题 …………………………… 313
练习题 …………………………… 313
作业题 …………………………… 314
附录 19A　为什么看跌期权的波动率微笑与看涨期权的波动率微笑相同 ………………… 315

第 20 章　风险价值度 ………………… 316
20.1　VaR 测度 …………………… 316
20.2　历史模拟法 ………………… 318
20.3　模型构建法 ………………… 321
20.4　线性模型的推广 …………… 324
20.5　二次模型 …………………… 327
20.6　估计波动率与相关系数 …… 329
20.7　不同方法的比较 …………… 333
20.8　压力测试与回顾测试 ……… 333
小结 ……………………………… 334
推荐阅读 ………………………… 334
测验题 …………………………… 335
练习题 …………………………… 335
作业题 …………………………… 337
附录 20A　现金流映射 ……………… 338

第 21 章　利率期权 …………………… 340
21.1　交易所交易的利率期权产品 ………………………… 340
21.2　债券的内含期权 …………… 341
21.3　布莱克模型 ………………… 342
21.4　欧式债券期权 ……………… 343
21.5　利率上限 …………………… 345
21.6　欧式利率互换期权 ………… 349
21.7　利率结构模型 ……………… 352
小结 ……………………………… 353
推荐阅读 ………………………… 353
测验题 …………………………… 354
练习题 …………………………… 354
作业题 …………………………… 355

第 22 章　特种期权和其他非标准产品 ………………………… 356
22.1　特种期权 …………………… 356
22.2　房产抵押贷款证券 ………… 361
22.3　非标准互换 ………………… 362
小结 ……………………………… 367
推荐阅读 ………………………… 368
测验题 …………………………… 369
练习题 …………………………… 369
作业题 …………………………… 370

第 23 章　信用衍生产品 ……………… 371
23.1　信用违约互换 ……………… 372
23.2　确定信用违约互换溢价 …… 375
23.3　总收益互换 ………………… 379
23.4　信用违约互换远期合约和

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

期权 …………………………… 380
23.5 债务抵押债券 ……………… 381
小结……………………………… 383
推荐阅读………………………… 384
测验题…………………………… 384
练习题…………………………… 385
作业题…………………………… 385

第24章 气候、能源以及保险衍生产品 ……………………………… 387
24.1 气候衍生产品 ……………… 387
24.2 能源衍生产品 ……………… 388
24.3 保险衍生产品 ……………… 390
小结……………………………… 391
推荐阅读………………………… 391
测验题…………………………… 392
练习题…………………………… 392
作业题…………………………… 393

第25章 重大金融损失事件与教训……………………………… 394
25.1 衍生产品用户应吸取的教训 ……………………………… 396
25.2 金融机构应吸取的教训 …… 397
25.3 非金融机构应吸取的教训 … 401
小结……………………………… 402
推荐阅读………………………… 402

测验题答案 ……………………… 403
术语表 …………………………… 423
附录A DerivaGem 软件说明 ………… 435
附录B 世界上的主要期权期货交易所 ……………………………… 440
附录C $x \leqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值 ……… 441
附录D $x \geqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值 ……… 442

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 1

第 1 章

引　言

近年来，衍生产品市场在金融以及投资领域变得越来越重要。我们已经进入了一个新的阶段，在这一阶段，每一个金融从业人员都应该了解衍生品市场的运作机制、衍生产品的应用以及产品的定价过程。本书将对这些问题展开讨论。

自从本书第 6 版出版以来，世界经历了一场严重的信用危机和几代人都没有经历过的经济萧条。由美国住房按揭所派生的衍生品在此次危机中扮演了重要的角色，本书第 8 章将介绍这些衍生品的本质，讨论为什么有的投资者会错误地估计他们所面临的风险，以及在将来如何防范类似的危机。

在本书第 1 章中，我们将初步介绍期货、远期和期权市场。我们将回顾其历史发展过程，并大体介绍市场中的对冲者(hedger)、投机者(speculator)以及套利者(arbitrageur)是如何使用这些衍生产品的。

1.1　期货合约

期货合约(futures contract)是在将来某一时间以约定价格买入或卖出某一资产的合约。世界上有许多进行期货交易的交易所。芝加哥交易所(Chicago Board of Trade，CBOT)，芝加哥商品交易所(Chicago Mercantile Exchange)和纽约商品交易所(New York Mercantile Exchange)已经合并成为 CME 集团(www. cmegroup. com)。其他的大交易所包括 NYSE Euronext (www. euronext. com)，Eurex (www. eurexchange. com)，BM&FBOVESPA (www. bmfbovespa. com. br)和东京金融期货交易所(Tokyo Financial Exchange，www. tfx. co. jp)，本书末的附录 B 给出了一个世界各地交易所名称的详表。

期货交易所为人们提供了在将来买入或卖出某资产，并且在今天提前进行交易的便利。假定现在是 3 月份，某个纽约的交易员指示他的经纪人买入 5 000 蒲式耳玉米，资产交割时间在 7 月份，经纪人会马上将这一指令通知芝加哥交易所。同时，假定另一位在堪萨斯的交易员指示经纪

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

人卖出5 000蒲式耳玉米，资产交割时间也是7月份，其经纪人也会马上将客户的指令通知芝加哥交易所。这时双方会商定某个交易价格，交易成交。

在这一交易中，同意买入资产的纽约交易员被称为进入了一个期货的**长头寸**(long futures position)或称多头；同意卖出资产的堪萨斯交易员被称为进入了一个期货的**短头寸**(short futures position)或称空头。这里的交易价格被称为**期货价格**(future price)。我们假定这一期货价格为每蒲式耳300美分，与其他金融产品的价格类似，这一价格也是由市场供求关系来决定的。在某一特定的时刻，如果有更多的人想卖出而不是买入7月份玉米期货，那么价格将会下跌，这时会有新的买家进入市场，从而使得买方与卖方达到平衡。同理，如果有更多的人想买入而不是卖出7月份玉米期货，那么价格将会上涨。

有关保证金要求、每日结算程序、交易过程、佣金、买卖差价和交易结算中心的角色将在第2章讨论。我们在这里暂时假设在以上讨论的例子中，纽约的交易员同意在7月以300美分每蒲式耳买入5 000蒲式耳玉米，而堪萨斯的交易员同意在7月以300美分每蒲式耳卖出5 000蒲式耳玉米。双方进入合约，见图1-1。

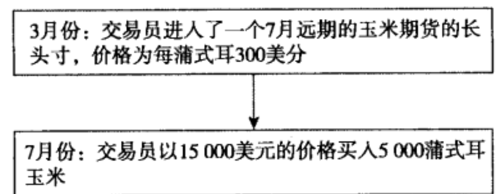


图1-1　一个期货合约(假定合约被持有至到期日)

期货价格和现货价格有所不同，**现货价格**(spot price)是立即(或几乎立即)交割的，期货价格是在将来某一时刻交割的价格，这两者通常不等。在以后的章节，我们会看到期货价格可能大于或小于现货价格。

1.2　期货市场的历史

期货市场可追溯到中世纪，这些合约最初是用来满足农场主和商人的需要。首先让我们站在农场主的角度，在某年4月份，一个农场主预计在6月份要收获一定数量的谷物，对于农场主而言，6月份的谷物价格存在一定的不确定性。在收成不好的年份，谷物会卖出很好的价格，尤其是在农场主不急于卖出谷物时，价格会更高；但另一方面，在收成好的年份，谷物可能会被廉价大甩卖。因此，农场主及其家庭面临很大的风险。

接下来让我们站在一家公司的角度，该公司对于谷物有持续的需求，同时也面临价格风险。在某些年份，谷物的供应十分充足，这时价格就会很便宜；而在其他年份，谷物奇缺，这时价格就会很昂贵。因此，农场主及这家公司在4月份(甚至更早)商定价格就很有意义。这种关于谷物的期货合约会帮助交易双方消除因将来谷物价格的不确定性而带来的风险。

我们也许会问，这家公司在当年的其他时间对谷物的需求是怎样的。收获季节一过，谷物就要被存放到下一个季节。将谷物储存以后，公司不再面对任何价格风险，但要付出储存费用。但是如果谷物是由农场主或其他人来储存，这家公司及储存者都会面临将来谷物的价格风险。因此，期货合约在消除风险过程中有着十分明显的作用。

1.2.1　芝加哥交易所

芝加哥交易所成立于1848年，该交易所将农场主及商人汇集到一起。最初，CBOT的职能是将交易谷物进行数量及质量标准化。几年以后，在CBOT出现了最初的期货合约，那时这类合约也被称为**将至合约**(to-arrive contract)。投机者很快对这种合约产生了兴趣，并发现这种合约对交易谷物本身是一个很好的替代。CBOT现在提供关于许多标的资产的期货合约，其中包括玉米、

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

大麦、大豆、豆粕、豆油、小麦、长期国债及短期国债等。

1.2.2 芝加哥商品交易所

芝加哥产品交易所(Chicago Produce Exchange，CPE)成立于1874年，该交易所提供黄油、鸡蛋、家禽及其他易腐农产品的交易。在1898年，黄油及鸡蛋交易商从CPE中退出，成立了芝加哥黄油及鸡蛋交易所(Chicago Butter and Egg Board)。在1919年，这一交易所被更名为芝加哥商品交易所(Chicago Merchantile Exchange，CME)，并对期货交易进行了改组。自那以后，CME开始提供许多商品的期货，包括猪肉(1961年)、活牛(1964年)、活猪(1966年)及奶牛(1971年)。在1982年，该交易所引入了关于S&P 500股指的期货。

1972年，芝加哥商品交易所开始交易外汇期货。目前，期货交易的币种包括英镑、加元、日元、瑞士法郎、澳元、墨西哥比索、巴西雷亚尔、南非兰特、新西兰元、俄罗斯卢布、欧元等。欧洲美元期货在CME交易也十分普遍(这一合约是针对于将来短期利率而设定，本书后续章节将有详述)。CME也引入了关于气候及房地产的期货合约。

1.2.3 电子交易

传统上，期货合约的交易是通过所谓的**公开喊价系统**(open-outcry system)来进行的。这一系统需要交易员聚集在交易大厅(并称为交易池)，并通过一套复杂的手势来表达交易意向。在我们以前所讨论的实例中，交易大厅的一个交易员可能代表纽约某个想在7月份买入玉米的投资者，而另一个交易员可能代表堪萨斯州某个想在7月份卖出玉米的投资者。

交易所已逐渐采用**电子交易**(electronic trading)来代替公开喊价系统。在电子交易中，交易员需要将其交易指令输入计算机，然后计算机会促成买卖双方的交易。世界上大部分期货交易所都采用全电子化交易，交易所的电子交易平台促成了算法交易模式的增长，有时又叫黑箱交易、自动交易、高频交易或机械交易(robo trading)。这种交易用计算机程序来完成，通常不需要人为的介入。

1.3 场外交易市场

并不是所有的交易都在交易所内进行。**场外市场**(over-the-counter，OTC)是交易所交易市场的重要替代。场外市场是由电话及计算机将交易员联系在一起的网络系统，交易员进行交易时不需要见面，交易是通过电话来完成的。交易的一方往往是金融机构交易员，另一方很有可能是其他金融机构的交易员或者是某企业的财务主管或基金经理。金融机构常常是市场流行产品的做市商(market maker)，这意味着他们准备在提供买入价(即以这一价格买入产品)的同时，也提供卖出价(即以这一价格卖出产品)。

场外市场用于交易的电话通常会被录音。当交易双方产生分歧时，电话录音可以被用来解决争端。场外市场交易的金额数量往往会大于交易所内的交易。场外交易的最大优点是，合约的内容不受交易所的限制，交易双方可以自由商谈来达成对双方都有利的合约。场外交易的缺点是，交易通常会有对手信用风险(也就是交易对手存在不履行合约的可能)，而就像在第2章要介绍的一样，交易所有一套机制来避免这类风险。

场外市场及交易所市场交易的衍生产品数量都很庞大。虽然这两个市场的统计结果不具有完全可比性，但很显然，场外市场规模远大于交易所市场。国际清算银行从1998年起开始统计这一数据。图1-2比较了从1998年至2008年场外市场交易的面值总和以及同一时间段的交易所合约中标的资产的总价值。从这些数据我们看到，2008年12月场外市场交易量已达592万亿美元，

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

而交易所市场交易量仅为58万亿美元。

在解释这些数据时，我们应该认识到场外市场交易产品的面值与其价值并不是一回事。例如，某场外市场交易合约为1年期以某一指定汇率以英镑买入1亿美元，这一交易的总面值为1亿美元，但是这一交易的价值可能只有100万美元。国际清算银行估算，2008年12月所有场外市场合约的毛价值大概为34万亿美元[⊖]。

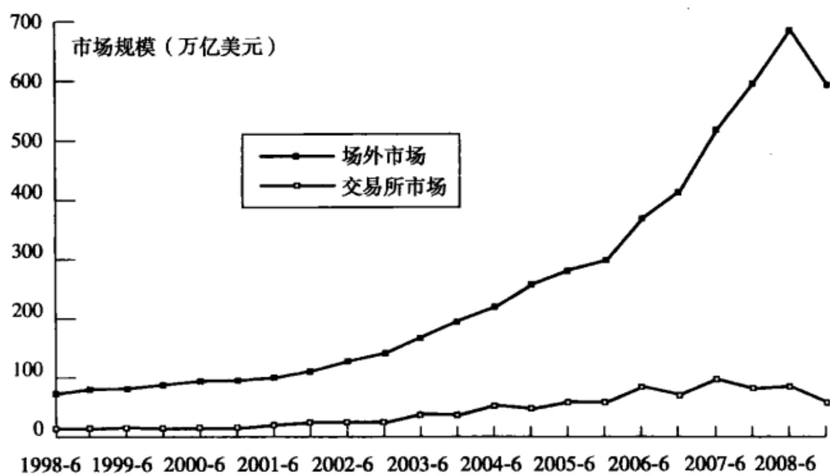


图 1-2 场外衍生产品市场及交易所交易市场的规模

1.4 远期合约

远期合约与期货合约相似，也是在将来某一指定时刻以约定价格买入或卖出某一产品的合约，但是期货是在交易所内进行交易，远期合约则是在场外交易市场进行交易。

外汇远期合约在市场上十分流行，许多大的银行都雇用了外汇现货及远期合约的交易员。现货交易员进行马上就要交割的交易，远期交易员进行在将来某时刻交割的交易。表1-1给出2009年7月17日某跨国银行提供的英镑对美元汇率的买入及卖出价格，兑换单位是1英镑可兑现的美元数量。表中第1行显示该银行准备以每英镑1.638 2美元的价格在现货市场(即马上交割)买入英镑(英镑也被称为 sterling)，同时这家银行也准备以每英镑1.638 6美元的价格在现货市场卖出英镑；表中第2行显示该银行准备在1个月后以每英镑1.638 0美元的价格买入英镑，同时也准备在1个月后以每英镑1.638 5美元的价格卖出英镑；表中第3行显示该银行准备在3个月后以每英镑1.637 8美元的价格买入英镑，同时也准备在3个月后以每英镑1.638 4美元的价格卖出英镑；等等。

表 1-1 2009年7月17日美元/英镑现货及远期合约的买入及卖出价

	买入价	卖出价
现货	1.638 2	1.638 6
1个月远期	1.638 0	1.638 5
3个月远期	1.637 8	1.638 4
6个月远期	1.637 6	1.638 3

这些报价是为了大型交易而设定的(出过国的人都知道，零售客户所遇到的外汇买入卖出差价远大于表1-1中所示的数据)。根据表1-1的数据，一个大企业也许愿意6个月以后以1亿英镑

⊖ 一个对于某一方价值为100万美元，而对另一方价值为-100万美元的交易的毛价值被计为100万美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

的价格向银行卖出1.637 6亿美元，这一交易可以作为公司对冲策略的一部分。

外汇远期价格、现货价格及本币利率、外币利率之间存在一个关系式。我们将在第5章给出解释。

1.5 期权合约

期权可以在交易所和场外市场进行交易。期权产品可以分成两个基本类型：**看涨期权**(call option)及**看跌期权**(put option)。看涨期权的持有者有权在将来某一确定时间以某一确定价格买入某种资产；看跌期权的持有者有权在将来某一确定时间以某一确定价格卖出某种资产。期权产品中所阐明的价格被称为**行使价格**(exercise price)或**敲定价格**(strike price)；期权产品指定的确定时间被称为**到期日**(expiration date)或**期限日**(maturity date)。**欧式期权**(European option)是指期权持有人只能在到期日这一特定日期行使期权；**美式期权**(American option)是指在到期前的任何时间，期权持有人均可以行使期权。

这里应该强调期权赋予期权持有者某种权利去做某一件事情，当然持有者可以选择不去行使这一权利，这使得期权与期货(或远期)有所不同。远期及期货合约中的双方必须要在将来某一时刻以一定的价格买入或卖出标的资产。与此对比，一个看涨期权的持有者可以选择在将来某一时刻以一定价格买入(或者不买入)标的资产。这里我们应该注意到进入远期或期货交易不需要任何费用(保证金除外，见第2章)，而拥有期权必须支付**期权费**(option premium)。

芝加哥期权交易所(CBOE)是世界上最大的股票期权交易所。表1-2给出了某公司美式股票期权在2009年7月17日的买入卖出中间价。该表取自于CBOE的网页。某公司股票在2009年7月17日的收盘价为430.25美元。期权的行使价格分别为380美元、400美元、420美元、440美元、460美元及480美元。表中所示期权到期日期分别为2009年8月、2009年9月及2009年12月。其中8月份期权的到期日为2009年8月22日，9月份期权的到期日为2009年9月19日，12月份期权的到期日为2009年12月19日[⊖]。

表1-2 某公司股票期权在2009年7月17日的价格；股票价格为430.25美元

行使价格(美元)	看涨期权			看跌期权		
	2009年8月	2009年9月	2009年12月	2009年8月	2009年9月	2009年12月
380	51.55	54.60	65.00	1.52	4.40	15.00
400	34.10	38.30	51.25	4.05	8.30	21.15
420	19.60	24.80	39.05	9.55	14.70	28.70
440	9.25	14.45	28.75	19.20	24.25	38.35
460	3.55	7.45	20.40	33.50	37.20	49.90
480	1.12	3.40	13.75	51.10	53.10	63.40

资料来源：CBOE。

表1-2说明了期权的一些性质。当行使价格增大时，看涨期权价格下降，而看跌期权价格上升。当期权期限增大时，这两种期权价值均会增大。第10章将讨论期权的性质。

假定某投资者向其经纪人发出购买某公司股票12月看涨期权的指令，期权行使价格为440美元，经纪人在收到指令后会向CBOE的某交易员发出购买指令。该交易员随即会在CBOE交易所内寻找愿意卖出12月份行使价格为440美元的看涨期权的交易员，期权的成交价会在交易员之间达成。假如期权价格如表1-2所示，为28.75美元，这里不考虑买入卖出的差价。这一期权

⊖ 关于期权到期日以及执行的细节，见第9.4节。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

价格是指单位(也就是能买入 1 股股票)期权的价格。在美国，每份股票期权合约的规模为 100 股，因而投资者必须通过经纪人向交易所注入 2 875 美元资金，然后交易所会将此项资金转给期权的卖出方。

在这个实例中，投资者以 2 875 美元的价格买入了在将来某时刻以每股 440 美元价格买入 100 股某公司股票的权利，期权的卖出方收入 2 875 美元资金，卖出方所付的代价就是当期权持有人决定行使权利时，他必须以每股 440 美元的价格卖出 100 股某公司股票给期权持有人。如果在 2009 年 12 月 19 日之前，某公司的股票不高于 440 美元，从而期权持有人不会行使权利，投资者(期权持有人)因此也就损失了 2 875 美元。但是，如果某公司的股票表现良好，在期权被行使时该公司股票价格为 500 美元，这时期权持有人将能够以每股 440 美元的价格买入每股实际价值为 500 美元的股票，这会给投资者带来 6 000 美元的盈利，将最初的买入期权费用考虑在内，期权持有人实际盈利为 3 125 美元。

另外一个可供投资者选择的期权是行使价格为 400 美元的 12 月份看跌期权，由表 1-2 我们可以计算出购买此项期权合约的费用为 100 × 21.15 = 2 115 美元，投资者持有一个在 2009 年 12 月 19 日前以每股 400 美元的价格卖出 100 股某公司股票的权利，如果该公司股票价格一直高于 400 美元，期权也就不可能被行使，这会给投资者造成 2 115 美元的损失。但是，如果期权被行使时股票价格为 350 美元，投资者可以通过以每股 400 美元的价格卖出实际价值只有 350 美元的 100 股该公司股票，投资者因此获取 5 000 美元的收益，将最初的期权费用考虑在内，投资者实际收益为 2 885 美元。

CBOE 交易所内交易的期权为美式期权(也就是说在到期日之前任何交易时间都可以行使)，但为了便于讨论，我们假设这些期权为欧式期权，也就是假设这些期权只能在到期日行使。将投资者的收益作为到期时某公司股票价格的函数，我们可以在图 1-3 中画出期权的收益。

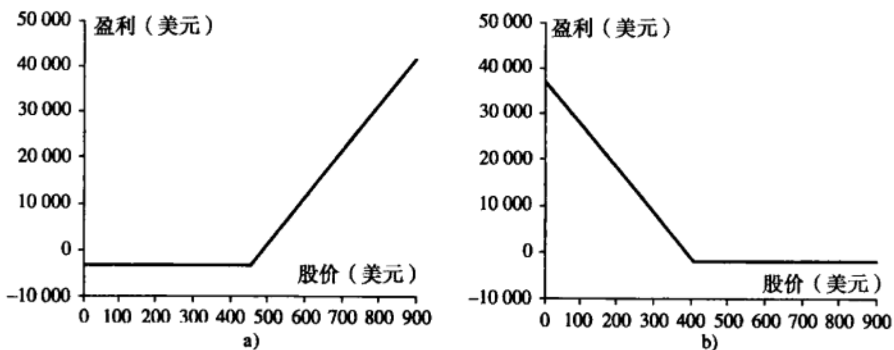


图 1-3 期权收益

注：交易产生的净盈利：买入 100 份 12 月份到期的某公司股票看涨期权，行使价格为 440 美元；买入 100 份 12 月份到期的某公司股票看跌期权，行使价格为 400 美元。

在以后的章节，我们将进一步讨论期权市场的运作机制以及交易员如何对表 1-2 中的期权进行定价。我们在这里指出，期权交易有四种形式：

- 买入看涨期权；
- 卖出看涨期权；
- 买入看跌期权；
- 卖出看跌期权。

期权的买入方被称为**长(多)头寸方**(long position)，期权的卖出方被称为**短(空)头寸方**(short position)，卖出期权也被称为**对期权承约**(writing the option)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

1.6 期权市场的历史

在18世纪，期权产品首先在欧洲及美国出现。起初，由于一些腐败事件，期权市场声名狼藉。其中一种做法是向经纪人贿赂股票期权，以促使这些经纪人向其客户推荐相应的股票。

1.6.1 看跌和看涨期权经纪人及交易者协会

早在20世纪初，一些公司共同设定了看跌和看涨期权经纪人及交易者协会(The Put and Call Brokers and Dealers Association)。该协会的主要目的是将买方及卖方聚集在一起，想买入期权的投资者可以联系协会的成员，而该成员可以在其自身客户或其他成员那里寻找期权卖出方(承约方)。如果找不到其他的卖方，该成员可以在一个合理价格下对期权进行承约。

由看跌和看涨期权经纪人及交易者协会产生的市场有两个缺陷：其一是没有二级市场，期权的买方没有权利在期权到期前将期权卖给他人；其二，这一市场没有一个约束机制来保证期权的承约方信守承诺，如果承约方在期权行使时违约，期权买主不得不向法庭上诉，而这可能会导致高额的诉讼费。

1.6.2 期权交易市场的成立

1973年4月，芝加哥交易所开辟了一个新的交易所专门进行期权交易，即芝加哥期权交易所。从此，期权市场在投资者中变得越来越流行。美国股票交易所(American Stock Exchange, www.amex.com)及费城股票交易所(Philadelphia Stock Exchange，www.phlx.com)从1975年起开始交易期权。太平洋交易所(The Pacific Exchange，www.pacificex.com)在1976年开始交易期权。到80年代初，期权交易规模迅猛增长，以至于每天的期权成交数额超过了纽约股票交易所股票的成交数额。国际证券交易所(The International Securities Exchange，www.iseoptions.com)从2000年开始以全电子交易的形式交易期权，波士顿期权交易所(Boston Option Exchange，www.bostonoptions.com)在2004年也开始采用了类似的做法。

到80年代，美国市场出现了以外汇、股指及期货为标的资产的期权交易。费城交易所(现在是纳斯达克的一部分)是最大的外汇期权交易所，芝加哥期权交易所开始交易S&P 100股指(OEX)、S&P 500股指(SPX)，纳斯达克100股指(NDX)及道琼斯工业平均指数股指(DJX)的期权。大多数提供期货合约的交易所也都提供相关的期权合约。例如，芝加哥交易所提供玉米期货期权和关于活牲畜的期货期权等。现在，期权交易所几乎遍布全世界(见本书最后的附录B)。

1.6.3 期权场外市场

从80年代初开始，期权场外市场发展迅猛。到目前为止，这一市场规模已经超过了交易所市场规模。场外市场的一个主要优点是，可以满足企业资金部主管及基金经理的特殊需求。例如，一个企业资金部主管需要买入金额为160万英镑、行使价格为1.7125的欧式看涨期权，该主管可能在交易所无法找到合适的产品。但是，许多银行都会很愿意通过场外市场提供产品报价以满足该主管的实际需求。

1.7 交易员的种类

期货、远期及期权市场自创立以来，发展势头良好，主要原因是这些市场可以吸引许多不同类别的交易员，而且具有极强的流动性。当一个投资者想进入某交易的一方，他会很方便地找到

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

想进入交易的另一方。

交易员可以分为三大类：对冲者、投机者以及套利者。对冲者采用期货、远期及期权合约来减少自身面临的由于市场变化而产生的风险。投机者利用这些产品对今后市场变量的走向下注。套利者采用两个或更多相互抵消的交易来锁定盈利。如业界实例 1-1 所示，对冲基金的交易目的可能出于以上 3 个目的，并已经成为衍生产品最大的用户。

业界实例 1-1 对冲基金

对冲基金出于对冲、投机及套利等目的，已经成为了衍生产品的主要用户。对冲基金与共同基金类似，基金管理者将客户的资金进行投资，但是对冲基金与共同基金不同之处是对冲基金的资金来自较为成熟的客户，并且不能进行公众融资。共同基金则受监管条约的限制，要保证基金份额随时可以兑现，必须公布投资策略，等等。同时共同基金不能利用杠杆效应，基金不能进行卖空交易等。对冲基金并不受这些条例的制约，可以采用较为复杂、与众不同并具有独到见解的投资策略。对冲基金管理人的收费与对冲基金的表现有关，一般收费都较高，收费数量可能高达管理资产的 1% ~ 2% 再加上盈利的 20%。对冲基金现在已经十分普遍，现有的对冲基金数量已经高达 1 万亿美元。“基金的基金”(funds of funds) 是对对冲基金的组合进行投资。

对冲基金经理采用的投资策略常常包括利用衍生产品来建立投机及套利头寸，一旦设定这些策略，对冲基金投资经理要采取以下行动：

- 对基金面临的风险进行评估；
- 确定哪些风险可以接受，哪些风险应被对冲消除；
- 设计交易策略（通常会涉及衍生产品）来对冲不可接受的风险。

以下是对冲基金常常采用的交易策略：

股票多空对冲(long/short equities)：对冲组合包括买入价格被市场低估的股票和卖出价格被市场高估的股票，因此市场总体的趋势变化对组合的影响会很小。

可转换债券套利(convertible arbitrage)：进入可转换债券的长头寸以及标的股票的短头寸，并以动态形式管理标的股票的短头寸。

受压（高风险）证券(distressed securities)：买入濒临破产企业的债券。

新兴市场(emerging markets)：投资于发展中国家或新兴市场公司的债券及股票，或投资于发展中国家所发行的国债。

宏观增长(growth macro)：投资反映预期全球宏观经济走势的交易。

合并套利(merger arbitrage)：在兼并和收购消息公布后交易，同时寄希望于并购交易的达成，以达到盈利的目的。

接下来的内容将更详细地讨论每种类型交易员的交易行为。

1.8 对冲者

在本节，我们将说明对冲者如何利用远期合约及期权来减少自身面临的风险。

1.8.1 利用远期进行对冲

假定今天是 2009 年 7 月 17 日，一家美国的进口公司 ImportCo 在 2009 年 10 月 17 日将向一家英国供应商支付 1 000 万英镑。表 1-1 列出了金融机构关于美元/英镑汇率的报价。ImportCo 可以采用 3 个月期限、汇率为 1.638 4 的英镑的远期合约来对冲其外汇风险，在合约中 ImportCo 需要

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

买入英镑。合约所带来的实际效果是该公司向英国供应商支付的数量为16 384 000美元。

接下来我们考虑另一家美国出口公司ExportCo，该公司向英国出口商品。在2009年7月17日，公司已知在3个月后将收入3 000万英镑。ExportCo可以在3个月远期合约中以每英镑1.637 8美元的价格卖出3 000万英镑，这样做的实际效果是卖出英镑而收入美元的数量为49 134 000美元。

例1-1总结了ImportCo及ExportCo公司的对冲策略。注意，一家公司选择不对冲有可能会比选择对冲盈利效果更好，反之效果可能会更差。考虑ImportCo公司，如果汇率在10月17日为1.500 0且公司没有选择对冲，这时公司对于1 000万英镑只需支付15 000 000美元，这一数量小于16 384 000美元。但如果汇率变为1.7，1 000万英镑值17 000 000美元，这时公司就希望自己进行了对冲。ExportCo的情形与此刚好相反。如果汇率在10月份低于1.6378，那么公司就希望进行了对冲；如果汇率高于1.637 8，公司则希望自身没有进行对冲。

【例1-1】 利用远期合约进行对冲

假定今天是2009年7月17日，ImportCo在2009年10月17日因从英国购入物品必须支付1 000万英镑。采用表1-1的报价，该公司进入了3个月期限的远期合约，在合约中公司将以每英镑1.6384美元的价格买入1 000万英镑。

ExportCo在2009年10月17日将从英国客户收到3 000万英镑。根据表1-1关于外汇的报价，公司可以在3个月时以每英镑1.6378美元的价格卖出3 000万英镑。

这一实例说明了对冲的一个关键性质：**对冲可以减小风险，但对冲后的实际效果(以盈利来衡量)并不一定比不对冲的实际效果更好。**

1.8.2 采用期权进行对冲

期权也可以用于对冲，例1-2考虑了某投资者在某年5月份拥有1 000股微软股票的情形。股票价格为每股28美元，投资者十分担心今后2个月股票下跌，他想买入期权保护。投资者可以在CBOT买入10份7月到期的关于微软股票的看跌期权，期权的行使价格为27.50美元。持有这一期权可使得投资者以27.5美元的价格卖出1 000股股票。如果期权报价为1美元，每份期权合约包括100个期权，其费用为$100\times1=100$美元，对冲的整体费用为$10\times100=1\,000$美元。

【例1-2】 利用期权进行对冲

假定现在是5月份，某投资者拥有1 000股微软股票，他想以买入期权保护的形式来应对今后两个月的价格下跌风险。市场关于期权的报价如下：

- 当前微软股票价格为28美元；
- 行使价格为27.50美元的7月份到期的微软期权价格为1美元。

投资者买入10份看跌期权，付费1 000美元。持有这些期权，投资者可以在今后两个月内以每股27.50美元的价格卖出1 000股股票。

这一策略的费用为1 000美元，它可以保证在期权到期时卖出股票的价格至少为27.50美元。如果市场价格低于27.50美元，投资者可以行使期权，因此将持有股票卖出而收入27 500美元。将期权费用考虑在内，实际收入26 500美元。如果股票价格高于27.50美元，期权不会被行使，这时期权到期价值为0，但是拥有股票的实际收入总是高于27 500美元(将期权费用考虑在内，

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

实际收入高于26 500美元)。图1-4显示了交易组合的净价值(扣除期权费用以后)与两个月时微软股价的函数关系，其中虚线显示未对冲时的交易组合的价值。

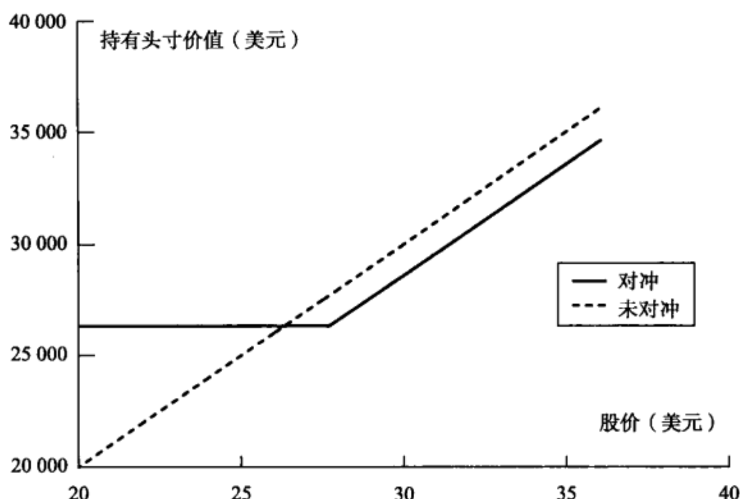


图1-4 例1-2中的微软证券组合(股票及期权)在两个月时的价值

1.8.3 比较

采用期货对冲与采用期权对冲有一个关键性差别：以期货合约来中和风险是通过设定买入及卖出标的资产的价格来对冲；与之相反，期权产品提供了价格保险，这些产品为投资者所面临的未来市场不利的价格变化提供保护，同时又允许投资者在价格朝有利方面变化时受益。与期货不同，拥有期权在最初要付费。

1.9 投机者

接下来考虑投机者如何利用期货及期权来进行投机。对冲者是想避免将来资产价格朝不利方向变动所产生的风险，而投机者旨在建立头寸获利，投机者的交易或者对资产的上涨进行下注，或者对资产的下跌进行下注。

1.9.1 利用期货进行投机

考虑一个美国的投机者，他在2月份认为英镑对美元在今后两个月会升值。该投机者的一种做法是在现货市场买入250 000英镑，然后希望在今后以更高的价格卖出这些英镑(买入的英镑被存入产生利息的账户之中)。另外一种做法是进入4个CME的4月份期货合约的长头寸(每一份合约是一份买入62 500英镑的合约)。表1-3是对于以上两种策略的总结，其中当前汇率为1.647 0(美元/英镑)及4月份期货价格为1.641 0。如果汇率在4月份时为1.700 0，采用期货的做法可以使投机者盈利为(1.700 0 - 1.641 0) ×250 000 = 14 750美元；而在采用即期汇率的做法中，投机者在2月份以1.647 0的价格买入250 000英镑，并以1.700 0的价格在4月份将英镑卖出，其盈利为(1.700 0 - 1.647 0) ×250 000 = 13 250美元。如果汇率跌至1.6000，期货带来的损失为(1.641 0 - 1.600 0) ×250 000 = 10 250美元，而采用现货方法的损失为(1.6470 - 1.6000) = 11 750美元。以上两种做法所产生的盈利及亏损稍有差别，在这些计算中没有考虑利息收入和支出。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

以上两种做法的差别是什么呢？第 1 种做法需要最初的 411 750（即 250 000 × 1.647 0）美元的投资；与之相比，第 2 种做法只需要将少量资金（也许是 20 000 美元）存入保证金账户（第 2 章将解释保证金账户这一概念）。期货市场可以使得投机者利用杠杆效应，即投资者只需要一笔小量的初始资金，就可以得到一个很大的投机头寸。

表 1-3 采用现货及期货合约来进行投机

	可能的交易	
	买入 250 000 英镑 现货价格 = 1.647 0	买入 4 份期货合约 期货价格 = 1.641 0
投资	411 750	20 000
4 月现货价格为 1.900 0 时的盈利	13 250	14 750
4 月现货价格为 1.800 0 时的盈利	−11 750	−10 250

注：一个期货合约的规模为 62 500 英镑，初始保证金为 20 000 美元。

1.9.2 利用期权进行投机

期权也可用来进行投机。假定现在是 10 月，一位投机者认为某股票在今后两个月内要上涨。股票的当前价格为 20 美元，期权的行使价格为 22.50 美元，期限为两个月的看涨期权的当前价格为 1 美元。表 1-4 给出了投资者可以选择的两种投资方式。假设投资者手头有 2 000 美元现金，一种方式是买入 100 只股票，另一种方式是买入 2 000 份看涨期权（即 20 份合约）。假定投资者的猜测正确，股票在 12 月时上涨到 27 美元，第 1 种投资方法带来盈利为：

$$100 \times (27 - 20) = 700 \text{ 美元}$$

但第 2 种方法盈利会更高。一个行使价格为 22.50 美元的看涨期权的收益为 4.50 美元，因为持有这一期权，投资者可以以 22.50 美元买入价值为 27 美元的产品。在第 2 种策略下，持有 2 000 份期权的整体收益为：

$$2\,000 \times 4.50 = 9\,000 \text{ 美元}$$

将最初的费用扣除，期权投资整体收益为：

$$9\,000 - 2\,000 = 7\,000 \text{ 美元}$$

表 1-4 将 2 000 美元资金投资于股票的两种不同投资策略的盈亏比较
（假设 10 月份的股价为 20 美元）

投资者策略	12 月份的股票价格	
	15	27
购买 100 股股票	−500	700
购买 2000 份看涨期权	−2 000	7 000

因此买入期权投资策略的收益是买入股票收益的 10 倍。

期权策略也会引发更大的损失。假定股票价格在 12 月份降至 15 美元，买入股票投资策略的损失为

$$100 \times (20 - 15) = 500 \text{ 美元}$$

因为期权到期时价值为 0，期权策略的损失为 2 000 美元，这等于最初付出的期权的费用。图 1-5 显示了两个交易策略的收益与股票价格的函数关系。

与期货类似，期权也能为投资者提供杠杆效应。对于一个给定的投资，期权会放大其最终的效果。高的收益会更好，但差的收益可能会使投资者丧失全部投资。

1.9.3 比较

对于投机者所取得的杠杆效应而言，期货和期权比较相似，但是这两种产品有一个重要区别。投机者采用期货时，潜在的损失以及收益都很大，但采用期权产品时，不管市场有多么糟糕，投机者的损失不会超过最初所付的期权费用。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

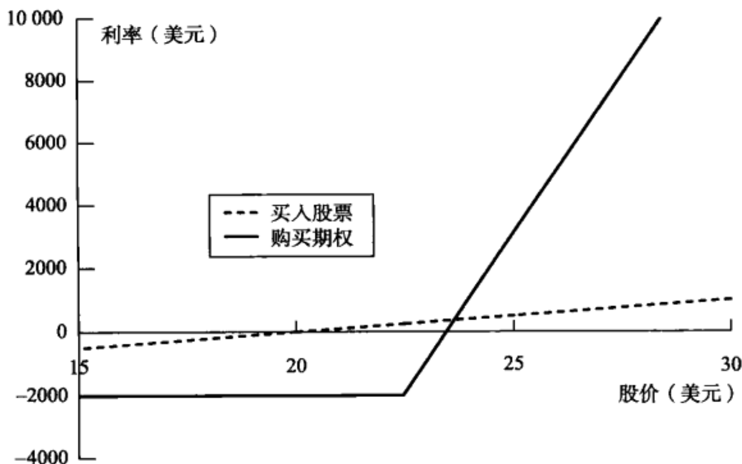


图 1-5 对于当前价格为 20 美元的股票两种投机策略的盈亏

1.10 套利者

套利者是期货、远期以及期权市场的第三类重要参与者，套利包括同时进入两种或更多的交易来锁定无风险盈利。在后面的章节中，我们将论述当某一个资产期货价格偏离其现货市场价格时[⊖]，套利机会如何产生，我们也将检验如何在期权市场中应用套利。在本节，我们用一个简单的实例来说明套利的概念。

例 1-3 考虑了某股票在纽约及在伦敦均有交易的情形。假定该股票在纽约的价格为 162 美元，在伦敦的价格为 100 英镑，1 英镑可以兑现 1.65 美元。套利者可以在纽约买入 100 股股票并在伦敦将股票卖出，其无风险盈利为

$$100 \times [(1.65 \times 100) - 162] = 300 \text{ 美元}$$

这里的计算忽略了交易费用。交易费用的存在可能会消除小投资者的盈利，但是大型投资银行在股票市场以及外汇市场的交易费用都很低。投资银行会发现这一套利机会很诱人，因而竭尽全力从中获利。

【例 1-3】 套利机会

某股票在纽约及伦敦均有交易，市场报价如下：

- 股票在纽约的价格为每股 162 美元；
- 股票在伦敦的价格为每股 100 英镑；
- 1 英镑可以兑现 1.65 美元。

交易员可以做以下交易：

- 在纽约买入 100 股股票；
- 将股票在伦敦卖出；
- 将收入资金转换为美元。

交易员净利润为：

$$100 \times [(1.65 \times 100) - 162] = 300 \text{ 美元}$$

例 1-3 所示的套利机会不会持续太久。随着套利者在纽约买入股票，供求关系会使得股票的

⊖ 即由现货市场价格所得的理论值时。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

美元价格上涨。类似地，随着套利者在伦敦卖出股票，供求关系会使得股票的英镑价格下跌，市场会很快使得两个价格在当前汇率下趋向平衡。事实上，套利者对于套利的急切渴望使得股票的美元价格以及英镑价格在最初就不可能存在如此严重的失衡。依此类推，可以说，正是由于套利者的存在，使得大多数金融市场的报价只会存在很小的套利机会。在本书中，大多数关于期货、远期及期权价格的讨论都建立在无套利机会的假设之下。

1.11 危害

衍生产品变化莫测，它们可以用来对冲风险也可以用来投机及套利。产品的多变性会带来危害，有时一些被限制只能做对冲或套利的交易员会在自觉或不自觉中成为市场投机者，而投机的后果有时是灾难性的。法国兴业银行的杰洛米·科维尔（Jerome Kerviel）为我们提供了典型的反面教材（见业界实例1-2）。

业界实例 1-2　2008 年法国兴业银行的重大损失

衍生产品变化莫测，它们可以被用来对冲风险也可以用来投机及套利，有时某些被限制只能做对冲或套利的交易员会在自觉或不自觉中成为市场投机者，这正是公司在交易衍生产品时面临的挑战之一。

杰洛米·科维尔2000年加入法国兴业银行，一开始从事合规工作。2005年，他被提升为初级交易员，在银行的Delta One产品组工作[⊖]。科维尔主要交易股指，比如德国的DAX股指、法国的CAC 40和欧元的Stoxx 50。他的职责在于寻找套利机会，但股指期货在不同交易所的交易价格不同时，套利机会就存在；或者当股指期货的价格与构成指数的股票价格不一致时，套利机会也会出现（关于这种套利的讨论见第5章）。

科维尔利用他对银行监管流程的熟悉，进行了表面上看起来是套利，而实际是投机的交易，他持有很大的股指头寸，同时建立了虚假的对冲交易。事实上，他在豪赌股指的走向，随着日积月累，其实际未对冲的头寸高达上百亿欧元。

2008年1月，科维尔的行为被法国兴业银行发现，兴业银行用了3天时间平仓他的头寸，损失高达49亿欧元，这是当时金融历史上最大的由舞弊造成的经济损失（之后，麦道夫庞氏骗局的损失更大）。

在2008年之前，由交易员造成的损失早有耳闻。比如90年代的尼可·利森是巴林银行派往新加坡分行的一名雇员。利森的职责类似于科维尔，是在大阪交易所与新加坡交易所之间识别日经225期货指数的套利机会。而在交易过程中，利森由一个套利者变成了投机者，他用期货和期权对日经225进行豪赌，结果损失近10亿美元，这一损失造成了一家存在了近200年的银行的破产。在2002年，爱尔兰银行的约翰·罗斯内克被发现因进行非授权的外汇投机交易而损失7亿美元。从以上事例中，我们应吸取的一个重要教训是：在交易行为中，金融或非金融机构一定要给交易员定义一个清楚的限额，并对限额进行谨慎的检测并保证交易员遵守限额。

要想避免类似兴业银行的错误，金融或非金融机构一定要控制其衍生产品的交易，衍生产品一定要被用于正确的目的，在交易中必须建立风险额度，银行必须每天监控交易员的交易以保证

⊖ 这里的DeltaOne产品是指一类简单的金融衍生产品，它们没有期权的特性，所以其Delta很接近于1；也就是说当标的资产的价格变化1%时，衍生品的价格也变化1%。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

交易额度制度的贯彻执行。

小结

在本章，我们初步了解了远期、期货以及期权合约的市场。远期和期货合约是在将来某一时刻以某一价格买入或卖出一项特定资产的合约。期货合约在交易所市场进行交易，远期合约在场外市场进行交易。期权有两种类型：看涨期权和看跌期权。看涨期权的持有者有权在将来某一约定时间以某一约定价格买入某种资产；看跌期权的持有者有权在将来某一约定时间以某一约定价格卖出某种资产。期权在交易所市场以及场外市场均有交易。

期货、远期和期权合约是金融市场很成功的创新。在市场上有三类投资者：对冲者、投机者及套利者。对冲者面临资产价格风险，他们采用期货、远期以及期权产品来减小或消除风险。投机者则是对今后的价格变动进行下注，期货、远期以及期权产品可以为他们提供更强的杠杆效应，也就是说，这类合约可以增大投机者在投资中潜在的损失以及收益。套利者试图从两种不同市场价格的失衡中盈利。例如，当套利者发行期货价格和现货价格存在一种失衡时，他们会同时进行两个市场中相互抵消的交易来锁定盈利。

推荐阅读

Chancellor, E. *Devil Take the Hindmost—A History of Financial Speculation*. New York: Farra Straus Giroux, 2000.

Merton, R. C. "Finance Theory and Future Trends: The Shift to Integration," *Risk*, 12, 7 (July 1999): 48–51.

Miller, M. H. "Financial Innovation: Achievements and Prospects," *Journal of Applied Corporate Finance*, 4 (Winter 1992): 4–11.

测验题[⊖]

1.1 请解释期货长头寸与短头寸的区别。

1.2 请仔细解释对冲、投机和套利之间的区别。

1.3 请解释以下交易的不同之处：①当期货价格为50美元时，进入期货的长头寸；②进入一个行使价格为50美元的看涨期权的长头寸。

1.4 一个投资者进入了一个远期合约的短头寸，在该合约中，投资者能够以1.700 0的汇率（美元/英镑）卖出100 000英镑。当远期合约到期时的汇率分别为1.69和1.72时，投资的损益分别为多少？

1.5 假定你卖出了一份看跌期权，行使价格为40美元，期限为3个月，股票的当前价格为41美元，一份看跌期权合约的规模是100股股票。进入这一合约，你做出了什么承诺？你的损益将是多少？

1.6 你认为某股票价格将要上升，股票的当前价格为29美元，3个月期限、行使价格为30美元的看涨期权价格为2.9美元，你总共有资金5 800美元。请列出两种不同的投资模式，并简要说明一下两种模式的优缺点。

1.7 场外交易市场和交易所交易市场的区别是什么？在场外交易时，什么是市场做市商的买入和卖出价格？

⊖ 测验题的答案见全书最后。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

练习题

1.8 假如你拥有5 000股股票，每股价格为25美元。你如何利用看跌期权而使得在将来4个月你的投资价值得到保护？

1.9 股票在最初发行时会为公司提供资金，对期权而言这种说法是否正确？请讨论。

1.10 请解释为什么期货合约既可以用于投机也可以用于对冲。

1.11 一个农场主将在3个月后卖出120 000磅活牛。在CME市场上的3个月期限的活牛期货合约的规模为40 000磅活牛。你将如何采用期货合约来对冲风险？从农场主的角度来看，对冲的优点和缺点分别是什么？

1.12 现在是2010年7月，一家矿业公司刚刚发现了一个小型金矿，它决定用6个月时间建矿，黄金将在今后一年内持续开采出来。NYME有关于黄金期货的合约。从2010年8月到2010年12月，每两个月有一个期货，每一份合约规模为100盎司黄金。请讨论矿业公司如何采用期货产品来对冲风险。

1.13 假如一份在3月到期的看涨期权价格为2.5美元，期权行使价格为50美元。再假设期权一直被持有至到期日，在什么情形下期权持有人会盈利？在什么情形下持有人会行使期权？画出一个期权长头寸在到期时的收益与股票价格之间的关系图。

1.14 假如一份在6月份到期、行使价格为60美元的看跌期权价格为4美元，假设期权被一直持有至到期日。在什么情形下期权的卖出方会盈利，在什么情形下期权会被行使？画出一个期权短头寸在到期时的收益与股票价格之间的关系图。

1.15 现在是5月份，一个交易员卖出了一份9月份到期的看涨期权，其行使价格为20美元。股票价格为18美元，期权价格为2美元。如果期权一直被持有到9月份，届时股票价格为25美元。请讨论投资者的现金流状况。

1.16 一个投资者卖出了12月到期的看跌期权，其行使价格为30美元，期权价格为4美元。在什么情况下投资者会有收益？

1.17 CBOT提供关于长期国债的期货。请描述一下投资者应用这些合约的方式。

1.18 某航空公司主管有以下论点：“对冲航空燃料价格毫无意义，燃料将来价格低于期货价格的概率等于或高于期货价格的概率。”请解释该主管的观点。

1.19 “期权及期货是零和博弈。”你如何理解这句话？

1.20 一个交易员进入了一个面值为1亿日元期货的短头寸。远期汇率为0.008 0(美元/日元)，在合约到期时，汇率为0.007 4和0.009 1时，交易员的损益各是多少？

1.21 某交易员作为棉花远期合约的短头寸方同意在将来某时刻以每磅50美分价格卖出棉花，合约规模为50 000磅棉花。当合约结束时棉花的价格分别为每磅48.20美分和每磅51.30美分，交易员的盈亏为多少？

1.22 一家公司在今后4个月内将收入一定数量的外币。哪种期权可以作为合适的对冲产品？

1.23 一家美国公司在将来的6个月要支付100万加元。请解释如何采用远期和期权产品来对冲汇率风险。

作业题

1.24 交易员A进入远期合约的长头寸，一年以后以每盎司1 000美元买入黄金；交易员B购买一份看涨期权，使其有权在一年后以每盎司1 000美元买入黄金，期权费用为100美元。这两个交易员的头寸有什么区别？以一年后的黄金价格为自变量，比较两个交易员到时候的损益情况。

1.25 在3月份，一位美国投资者指示其经纪人出售7月份到期的股票看涨期权，股票价格为42美元，行使价格为40美元，期权的

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

价格为 3 美元。解释投资者承诺了什么？在什么情况下，这笔交易对投资者是有利可图的？风险又是什么？

1.26 一家美国公司在 3 个月后需要支付 300 万欧元，现在的汇率为每欧元兑换 1.45 美元。讨论该公司如何运用远期和期权来对冲其汇率风险暴露。

1.27 股票价格为 29 美元，一个投资者买入一个看涨期权，行使价格为 30 美元；同时他卖出一个看涨期权，行使价格为 32.50 美元。市场上关于这两个期权的价格分别为 2.75 美元和 1.50 美元，期权具有相同的到期日。描述该投资者的头寸情况。

1.28 当前黄金市价为每盎司 800 美元，一份一年期的远期合约的行使价格为 800 美元，一个套利者能够以年率 10% 借入资金，该套利者应如何行动才能达到套利目的？这里我们假设黄金存储费为 0，同时黄金不会带来任何利息收入。

1.29 请描述如何采用外汇期权来对例 1-1 的情形进行对冲，并保证 ImportCo 可以锁定外汇利率不小于 1.660 0 以及 ExportCo 公司的汇率至少为 1.620 0。

1.30 股票的当前价格为 94 美元，同时 3 个月期、行使价格为 95 美元的欧式期权价格为 4.70 美元，一位投资者认为股票价格会上涨，但他并不知道是否应买入 100 股股票或者买入 2 000 个(相当于 20 份合约)期权，这两种投资所需资金均为 9 400 美元。在此你会给出什么样的建议？股票价位涨到什么样的水平会使得期权投资盈利更好？

1.31 在 2009 年 7 月 7 日，一位投资者拥有 100 股谷歌公司股票。如表 1-2 所示，股票价格为 430.25 美元，一个 12 月份到期、行使价格为 400 美元的期权价格为 21.15 美元。该投资者试图比较两种投资方法对价格下跌风险进行控制的效果。第 1 种方法包括买入 12 月份的看跌期权，行使价格为 400 美元。第 2 种方法包括通知经纪人当股票下跌到 400 美元时，马上卖出 100 只股票。讨论以上两种方法的优缺点。

1.32 一个交易员买入了一个欧式看涨期权，同时又卖出了一个欧式看跌期权。期权具有同样的标的资产、行使价格及期限。讨论交易员的头寸，在什么情况下看涨期权价格等于看跌期权价格？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

2 CHAPTER

第 2 章

期货市场的运作机制

第 1 章曾指出期货与远期合约均是在将来某时刻以约定价格卖出或买入某资产的协议。期货合约交易是在有组织的交易所中进行的，而且合约由交易所统一标准化。与之相反，远期合约是金融机构之间或金融机构与其客户之间私下达成的协议。

本章将详细介绍期货市场的具体运作机制。我们将讨论合约条款的约定、保证金账户的运作、交易所的组织结构、市场监管规则、期货报价方式及期货的财会及税务处理等内容，还将讨论期货与远期合约的不同之处，并解释造成这两类合约所实现的收益不同的原因。

2.1 期货合约的开仓与平仓

期货合约是指在将来某时刻以约定价格卖出或买入某资产的合约，合约的名称通常对应于其交割的月份。例如，一个投资者可能会通知其经纪人买入一个 10 月份的石油期货合约。在交割月份的一段时间内(常常是整个月份)，交割可以在任意时间进行。在交割期内的某个时间，期货交易会停止。一般来讲，合约的短头方可以选择交割的具体时间。

大多数期货交易往往不会导致实物交割，读者看到这一点也许会感到惊讶，其原因是大多数投资者在合约规定的交割期到来之前会选择平仓。按期货合约规定的方式支付或者接受交割常常很不方便，而且有时会很昂贵。对于那些想买入或卖出资产的对冲者而言，这一说法也成立，这类对冲者常常倾向于对期货进行平仓，然后再以通常的形式买入或卖出资产。

对一个合约进行平仓就是进入一个与初始交易头寸相反的头寸。例如，如果投资者在 5 月 6 日买入 5 份 7 月份的玉米期货合约，该投资者在 6 月 20 日可以卖出(即进入短头方)5 份 7 月份的合约来进行平仓。在各种情况下，该投资者的总损益等于 5 月 6 日与 6 月 20 日期货价格之差。

实物交割非常少见，以至于有时交易员会忘记交割的过程(见业界实例 2-1)。尽管如此，我

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

们在本章仍要花一定精力讨论期货合约的交割过程。正是因为期货最终实物交割的可能性，才使得期货价格与现货价格联系在一起[⊖]。

2.2 期货合约的规定

当开发一项新的合约时，交易所必须详细注明双方协议上的具体条款，尤其是资产品种、合约的规模(即每一合约待交割标的资产的确切数量)、交割地点及时间。

有时交割资产备选方案也会被说明，包括标的资产的等级或其他交割地点等。一个通常规则是：期货的短头方(即同意卖出产品的一方)可以在备选方案中做出选择。当合约短头方准备选择交割时，短头方要向交易所填写**交割意向书**(notice of intention to deliver)，这一书面文件会注明资产交割的等级及交割地点。

2.2.1 资产

当期货标的资产为某商品时，这一商品的质量可能有很大差别。因此，当指定标的资产时，交易所对允许交割资产等级的规定至关重要。洲际交易所(Intercontinental Exchange，ICE)对其冰冻高纯度橙汁期货合约的阐述为：美国A级，以及Brix值不低于62.5度的产品。

对于某些商品，在一定等级范围内的商品都可以用于交割，但价格要根据选择的等级进行调整。例如，在芝加哥交易所，玉米期货的标准等级为“黄色2号”，但按交易所规定进行价格调整的替代品也可用于交割。“黄色1号”每蒲式耳的价格比“黄色2号”贵1.5美分，“黄色3号”的价格比“黄色2号”便宜1.5美分。

当期货合约中的标的资产为金融资产时，其定义通常很明确，含义也很清楚。例如，我们无须定义日元的等级。但是，在芝加哥交易所交易的美国中长期国债期货合约有一些很有意思的特性。在长期国债期货合约中，标的资产是任何在期货到期前期限超过15年，并且在15年内不可赎回的美国国债。在中期国债期货合约中，标的资产是任何在期货到期前期限不低于6.5年但不超过10年的国债。在这两种情况下，交易所定义了一种公式，并根据所交割的国债期限及券息来调整交割时期货短头寸收取的价格。我们在第6章将讨论这一内容。

业界实例2-1　期货合约中令人诧异的资产交接

这个故事(可能是虚构的)是某家金融机构的主管亲口告诉本书作者的。故事的主人公是一个刚刚进入这家金融机构没有任何经验的新手。该金融机构的一个客户为了对冲风险常常需要进入期货交易的长头寸方，期货的标的资产为牲畜。通常这位客户在期货到期前的最后一个交易日向银行发出指令将交易进行平仓(在芝加哥商品交易所中所采用牲畜交易合约中的标的资产为40 000磅活牛)，这位新雇员的职责是管理该客户的账户。

当期货合约接近到期日时，这位雇员注意到客户仍然有一个合约没有平仓，他随后就指示交易市场的交易员又以长头寸方(而不是卖空方)进入期货合约，这一错误导致该金融机构持有两份长头寸方的期货合约，当这个交易错误被发现时，期货合约交易已经结束。

金融机构(而不是客户)要对其错误负责，这一错误的直接后果就是金融机构必须

⊖ 如第1章所述，现货价格就是几乎马上要进行交割的价格。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

去处理一群活牲畜的交接工作，而对这种交接该金融机构毫无经验。期货合约规定卖空方可以在交接到期月的某个时间在美国境内几个不同的地点交付牲畜，因此在该期货交易中作为长头寸方的金融机构只有等待卖空方的交接通知，而这些通知在卖空方向交易所提供交接资产的意向后，交易所再向金融机构发出。

最后金融机构终于收到了由交易所发出的交接通知，交接通知中注明牲畜将在2 000英里以外的一个地点并在通知后的第1个星期二交接，这位新雇员被安排到交接地点处理交接事务。在交接地点，每个星期二都有牲畜拍卖，期货合约的卖空方在拍卖市场买下牲畜随后就进行了交付，不幸的是当周买下的牲畜必须在下周才能进行拍卖。这位可怜的新雇员不得不留下来安排牲畜的存养，他选取了一个“有趣”的方式开始自己在金融界的职业生涯。

2.2.2 合约的规模

合约的规模定义了每一份合约中交割资产的数量，有关合约规模的定义是交易所的一个重要决策。如果合约规模太大，许多希望对冲较小头寸的投资者或希望持有较小投机头寸的投资者就不可能利用交易所进行交易；从另一方面讲，如果合约的规模太小，由于每个合约会有交易成本，因此整体交易成本就会太高。

显然，合约的适当规模取决于潜在客户的需求。某个农产品期货合约中交割资产的价值从10 000美元到20 000 美元不等，而一些金融期货合约的规模则大得多。例如，在芝加哥交易所交易的长期国债期货的标的资产的面值为100 000 美元。

一些交易所引进了“小型”(mini)合约来吸引小额度的投资者。例如，CME 的小型纳斯达克100 期货合约以 20 倍的纳斯达克 100 指数为标的资产，而一个标准合约是以 100 倍的纳斯达克100 指数为标的资产。

2.2.3 交割的安排

交割地点必须由交易所指定，这对运输费用昂贵的商品期货尤其重要。在 ICE 交易的冰冻高纯度橙汁期货的交割地点为佛罗里达、新泽西及特拉华的交易所授权仓库。

当选用交割地点时，期货的短头寸方所收入的价格会随着交割地点的不同而被调整。期货交割地点与商品生产地越远，交割价格就会越高。

2.2.4 交割月份

期货合约通常以其交割月份来命名，交易所必须指定交割月份内的准确的交割时间区间。对于许多期货而言，交割时间区间为整个月。

不同的合约有不同的交割月份，交易所对交割月份的选取是为了满足客户需求而设定。例如，在芝加哥交易所交易的玉米期货交割月份为 3 月份、5 月份、7 月份、9 月份及 12 月份。在任意给定时间，交易的合约包括最近交割月的合约和一系列随后交割月的合约。交易所指定特定月份合约开始交易的时刻，同时也指定某一合约的最后交易日。通常来说，在最后交割日的前几天，期货将停止交易。

2.2.5 报价

交易所定义报价的方式各不相同。例如，纽约商品交易所的原油报价以美元及美分进行，芝加哥的中长期国债期货报价是以 1 美元及 1 美元的 1/32 来报价。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

2.2.6 价格及头寸的限额

对大多数合约而言，每天价格的变动限额(daily price movement limit)是由交易所规定的。如果某天价格下跌(与前一天收盘价格相比)幅度达到每日价格限额，这一合约就被称为**跌停板**(limit down)；如果上涨的幅度达到每日价格限额，就被称为**涨停板**(limit up)。**涨跌停板变动**(limit move)是指在任何方向上价格波动等于每日价格变动的限额。通常来说，价格一旦达到当天的涨停或跌停限额，该合约当天的交易将会中止。但是，在某些情况下交易所有权干涉并改变每天价格变动的限额。

设定每日价格变动限额的目的是为了防止因过度投机而造成价格的巨幅波动。然而，当标的商品价格迅速上升或下降时，这些限制将成为交易的障碍。价格限额是否对期货市场有利仍是一个有争议的话题。

头寸限额是一个投机者可持有的最大合约数量，其目的是为了控制投机者操纵市场。

2.3 期货价格收敛到现货价格的特性

随着期货合约交割月份的逼近，期货价格会逐渐收敛于标的资产的现货价格。在到达交割日期时，期货价格会等于或非常接近于现货价格。

为了说明原因，我们首先假定在交割时间内期货的价格高于现货价格，这时交易员可以得到一个显而易见的套利机会：

- 卖出一个期货合约(即持有短头寸)；
- 买入资产；
- 进行交割。

以上交易一定会盈利，其盈利额等于期货价格高于现货价格之差。一旦交易员发现并利用这一套利机会，期货价格会随之下降。接下来假定在交割期间内期货价格低于现货价格，想获得该标的资产的公司会发现买入期货然后等待短头寸方交割资产会更有利。一旦公司这么做，期货价格会随之上升。

在交割期限内，期货价格与现货价格十分接近，图 2-1 说明了期货价格收敛于现货价格。在图 2-1a 中，在交割期之前，期货价格高于现货价格；在图 2-1b 中，在交割期之前，期货价格低于现货价格。在第 5 章我们将讨论在什么情况下会出现以上的不同情形。

2.4 保证金的运作

如果两个投资者直接接触并且同意在将来某时刻按某一特定的价格交易某一资产，很明显，这其中存在风险，某一方可能对交易感到后悔并想退出交易。另外，投资者也可能没有财力来保证承诺。交易所的一个关键职责是组织交易以避免违约的产生，这正是设定保证金的根本目的。

2.4.1 每日结算

为了说明保证金的运作过程，假定一个投资者在 6 月 5 日星期四与其经纪人联系，他准备买入两份纽约商品交易所(COMEX)12 月份到期的黄金期货合约。我们假定期货合约的当前价格为每盎司 900 美元，由于合约的规模为 100 盎司黄金，所以投资者是想以 900 美元的价格买入 200 盎司的黄金。经纪人要求投资者将资金存入**保证金账号**(margin account)之中，投资者在最初开仓交易时必须存入的资金量被称为**初始保证金**(initial margin)。假定每份合约的初始保证金为 2 000

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

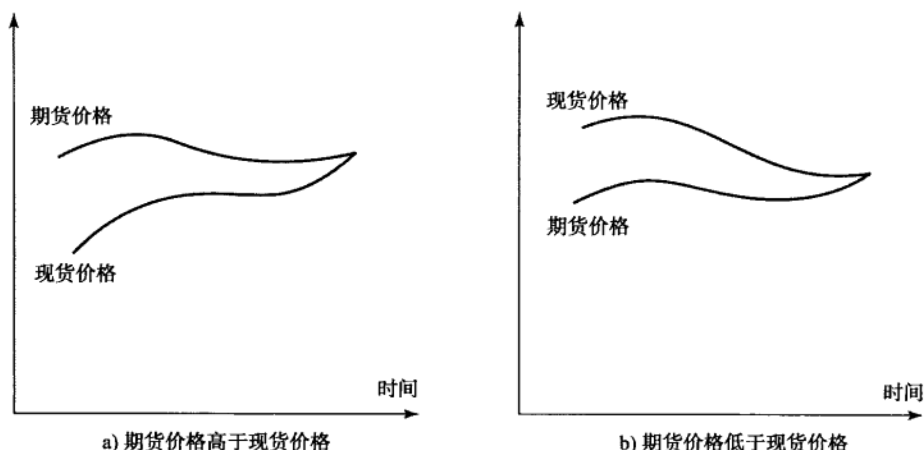


图 2-1 随着交割日期临近，期货价格与现货价格之间的关系

美元，因此整体保证金为 4 000 美元。在交易日结束时，保证金账户的余额数量将被调整以反映投资者的盈亏。这一做法被称为**每日结算**(daily settlement)或叫**逐市定价**(marking to market)。

例如，假定在 6 月 5 日结束时，期货价格从 900 美元跌至 897 美元。投资者的损失为 600 美元(200 ×3)，这是因为投资者同意以 900 美元价格买入的 200 盎司的 12 月份的黄金，现在仅能以 897 美元出售。因此，保证金账户中的余额要减少 600 美元，即减至 3 400 美元。类似地，如果 12 月份期货价格在第 1 个交易日结束时上涨为 903 美元，保证金账户的余额也增加 600 美元，即增至 4 600 美元。每笔交易在初始交易日结束时要以市场定价，在随后的每个交易日结束时，这笔交易都要以市场定价。

注意，每日结算不只是经纪人与其客户之间的协议。当期货价格下降，期货长头寸投资者保证金账户的余额减少 600 美元时，该投资者的经纪人必须向交易所支付 600 美元，然后交易所将 600 美元支付给期货短头寸投资者的经纪人。类似地，当期货价格上升时，短头寸方的经纪人将资金支付给交易所，交易所再将资金转给期货长头寸方的经纪人。接下来，我们将进一步探讨保证金账户的运作模式。

投资者有权提走保证金账户中超过初始保证金的那一部分资金。为了确保保证金账户的资金余额永远不会出现负值，交易所设置了**维持保证金**(maintenance margin)，维持保证金通常低于初始保证金的数额。如果保证金账户的余额小于维持保证金数额，投资者会收到**保证金催付通知**(margin call)，这一通知要求在下一个交易日投资者须将保证金账户内资金补足到初始保证金的水平。这一追加资金被称为**变动保证金**(variation margin)。如果投资者不能提供变动保证金，经纪人将对合约进行平仓。在以上实例中，对头寸进行平仓会涉及卖出 12 月份交付的 200 盎司黄金。

表 2-1 提供了一个投资者保证金账户运作过程的例子。维持保证金被假设为每份合约为 1 500 美元，即总计 3 000 美元。在 6 月 13 日，保证金账户的余额比维持保证金低 340 美元，这时经纪人会通知客户追加 1 340 美元保证金。表 2-1 假设投资者的确在 6 月 16 日收盘之前补足了这一保证金。在 6 月 19 日，保证金账户中的余额又一次低于维持保证金水平，这时经纪人将再次发出追加 1 260 美元的通知。投资者在 6 月 20 日收盘之前又补足了保证金。在 6 月 26 日，投资者决定卖出两份合约来对交易进行平仓。当天合约的价格为 892.30 美元，投资者累积损失为 1 540 美元。注意在 6 月 16 日、23 日、24 日和 25 日，投资者的保证金账户余额超出了初始保证金数量。表 2-1 假设投资者没有提走额外资金。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表 2-1 两份黄金期货的长头寸的保证金运作过程

日期	期货价格	日收益(亏损)	累积收益(亏损)	保证金账户余额	催付保证金
	900.00			4 000	
6月5日	897.00	(600)	(600)	3 400	
6月6日	896.10	(180)	(780)	3 220	
6月9日	898.20	420	(360)	3 640	
6月10日	897.10	(220)	(580)	3 420	
6月11日	896.70	(80)	(660)	3 340	
6月12日	895.40	(260)	(920)	3 080	
6月13日	893.30	(420)	(1 340)	2 660	1 340
6月16日	893.60	60	(1 280)	4 060	
6月17日	891.80	(360)	(1 640)	3 700	
6月18日	892.70	180	(1 460)	3 880	
6月19日	887.00	(1 140)	(2 600)	2 740	1 260
6月20日	887.00	0	(2 600)	4 000	
6月23日	888.10	220	(2 380)	4 220	
6月24日	888.70	120	(2 260)	4 340	
6月25日	891.00	460	(1 800)	4 800	
6月26日	892.30	260	(1 540)	5 060	

注：初始保证金为每份合约 2 000 美元，总计为 4 000 美元，维持保证金为每份合约 1 500 美元，总计 3 000 美元。6 月 5 日开仓时期货价格为 900 美元，6 月 26 日平仓时期货价格为 892.30 美元。第 2 列的数字(除了第 1 个及最后一个以外)均为当日期货收盘价格。

2.4.2 其他细节

许多经纪人允许投资者从保证金账户的余额中赚取利息，因此，如果保证金账户提供的利率和通过其他途径所获得的利率相比而言具有一定的竞争性，那么这一账户中的余额并不代表真正的费用。为了满足初始保证金的要求(而不是后来对保证金的催付)，投资者有时可以将有价证券存放在经纪人那里。通常短期国债可以按其面值的 90% 代替现金，有时股票也可以代替现金，但只能为其市值的 50%。

期货合约每日都要进行结算，远期在最后到期时才进行结算。在每个交易日结束时，投资者的盈利(亏损)会被加入其保证金账户(或从保证金中扣除)，这会使得期货合约的重置为 0。实际上，期货合约每天都要平仓，然后又以全新的价格开仓。

对于期货合约，交易所会设定初始保证金及维持保证金的最低要求。个别经纪人可能会要求客户存放的保证金比交易所规定的高。但是，他们要求客户所付的保证金不得低于交易所规定的保证金水平。保证金的数量是由标的资产价格的变化程度来决定的，资产价格变化程度越大，保证金水平也越高。维持保证金通常为初始保证金的 75%。

对于保证金要求的最低水平可能取决于交易员的交易目的。对于一个真正的对冲者而言，其保证金要求可能会低于对投机者的保证金要求。例如，考虑一家生产某商品的公司，该公司也卖出该产品的期货，这时对它的保证金要求会低于对投机者的保证金要求，因为对冲者违约风险相对较小。对**即日交易**(day trade)和**差价交易**(spread transaction)所要求的保证金常常低于对冲交易的保证金。在即日交易中，交易者向其经纪人阐明计划在同一天将交易进行平仓；差价交易是指交易者在持有某一交割月份合约的长头寸(买入合约)的同时，还持有另一交割月份合约的短头寸(卖出合约)。

注意，对于期货合约的短头寸方的保证金要求与对长头寸方的保证金要求是一致的。进入期货短头寸与进入期货长头寸一样容易，而现货市场则不具备这种对称性，持有现货市场的长头寸

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

会涉及购买资产并立即支付，这不存在任何问题。持有现货的短头寸则是卖出一种他不拥有原资产，这是一种比较复杂的交易，某些市场可能做不到。在第 5 章我们将详细讨论这一点。

2.4.3 清算中心与结算保证金

清算中心(clearing house)是交易所的附属机构，该机构是期货交易的媒介，保证交易双方履行合约。清算中心拥有一定数量的会员，这些会员必须在交易所注入资金。那些不是清算中心会员的经纪人必须通过清算中心的会员开展业务。清算中心的主要任务是对每日交易进行记录，以便计算每一个会员的净头寸。

与经纪人要求投资者开设保证金账户一样，清算中心会员也要求非会员(经纪人)开设一个保证金账户，同时清算中心也要求其会员在清算中心开设保证金账户，后者相应的保证金被称为**结算保证金**(clearing margin)。与投资者保证金账户的运作方式类似，清算中心会员的保证金账户的余额在每一交易日结束时也按其盈亏进行调整。但是，对于清算中心会员只有初始保证金的要求，没有维持保证金要求。每一天各种合约的保证金余额必须等于初始保证金乘以正在流通的合约的数量，因此清算中心会员在每个交易日结束时根据当天的价格变动，可能要向其保证金账户注入资金；另外，他也可能会从保证金账户中提取资金。如果某个经纪人不是清算中心会员，他就必须在清算中心会员那里开设一个保证金账户。

在计算清算保证金时，清算中心采用两种方式计算流通合约的数量，一种基于总值(gross basis)，另一种基于净值(net basis)。基于总值的方式是将客户的长头寸与短头寸总数相加；基于净值的方式是使得长头寸与短头寸相互抵消。假定某清算中心会员共有两个客户：一个客户持有 20 份合约的长头寸，另一个客户持有 15 份合约的短头寸。基于总值的方式以 35 份合约来计算结算保证金，基于净值的方式以 5 份合约来计算结算保证金。现在大多数交易所采用净值方式。

2.4.4 信用风险

设定保证金的根本目的是保证交易员遵守自身的承诺。大体来看，这一系统十分成功。在大型交易所，交易员所进行的交易还没有出现违约情况。期货市场在 1987 年 10 月 19 日曾经受了考验，这一天 S&P 500 指数下跌 20%，持有 S&P 500 长头寸的交易员发现自身的保证金账户出现了负余额的情况。那些不能满足保证金催付要求的交易员的交易被平仓，即使这样，这些交易员仍然对经纪人欠款。由于有些人没有支付，造成了一些纪经人违约，在没有得到客户的资金时，经纪人不能满足其所代理合约中的催付保证金要求。即使这样，交易所仍有充足的资金来支付那些 S&P 500 期货的短头寸方。

2.5 场外市场

信用风险是场外市场的一个特性。在场外交易中，交易对手总有一定的概率会违约。有意思的是，为了降低信用风险，场外市场通过设定抵押品策略来模仿保证金系统的运作。

2.5.1 抵押品

抵押品制度可以减少场外市场交易参与者的信用风险。考虑场外市场的两个参与者，公司 A 和公司 B，A 与 B 之间有一笔场外交易。在抵押品条约约定下，它们对交易合约每天进行定价。如果从某天到第二天，场外交易对于 A 的价值增长了，B 要追加等量的现金(或抵押品)，同时 A 会收到相应的现金(或抵押品)；类似地，在某一天，交易对于 A 而言价值降低了，A 要向 B 支付相当于交易价值减小的量的现金(或抵押品)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

抵押品制度大大减少了场外交易的信用风险。抵押品协议在20世纪90年代曾被长期资本管理公司用来管理其信用风险，这允许该公司高度杠杆化。这些协议确实提供了对信用风险的保护，但正如业界实例2-2所示，高杠杆也使得该公司遭受了其他风险的打击。

业界实例2-2 长期资本管理公司的巨大损失

20世纪90年代中期成立的对冲基金公司长期资本管理公司(Long Term Capital Management，LTCM)在其交易中一直采用抵押品条款，该公司的投资策略为收敛套利(convergence arbitrage)策略。这一策略的简单例子如下：假如 X 和 Y 是同一家公司发行的两种债券，且具有相同的收益，但 X 的流动性比 Y 差(X 的交易没有 Y 活跃)，市场对于高流动性会给予一定的补偿，因此 X 的价格比 Y 低一些。LTCM在交易中首先对 X 持长头寸，并对 Y 持短头寸，之后LTCM等待在将来某个时刻两种债券的价格趋于一致，而达到套利的目的。

当利率增长时，LTCM预计债券价格下降的幅度基本相同，因此对于 X 债券付出的抵押品与 Y 债券收入的抵押品基本相同；类似地，当利率下降时，LTCM预计债券价格上涨的幅度也会基本相同，因此因抵押条款造成的资金外流不会很大。

1998年8月，俄罗斯对其国债违约，因此造成了资本市场的“择优而栖”(flight to quality)现象，这一现象造成流动性高的产品价格与流动性低的产品价格的差价比平时高得多，因此LTCM投资组合中流动性高的产品与流动性低的产品的差价急剧增大，买入的债券价格大幅下降，而卖出的债券价格急剧增长，这时无论对长头寸及短头寸交易都必须注入抵押品，公司的财务又处于高杠杆状态(高负债比率)，此时LTCM不能满足抵押品的要求，只能对交易进行平仓，从而造成了40亿美元的巨大损失。假如财务并不处于高杠杆状态的话，LTCM也许能够承受择优而栖现象带来的压力，从而有机会等到流动性高的产品价格与流动性低的产品价格趋于一致的时候。

2.5.2 信用危机以及清算中心在场外市场的应用

并不是所有的场外市场交易都需要抵押品。例如，在此次信用危机之前，保险公司AIG为其他金融机构提供大量信用违约保护，最终导致AIG几乎破产，以至于美国政府不得不出面救助。因为AIG在合约商定时有AAA级的信用评级，所以其对手方并不要求AIG提供抵押品。

自2007年信用危机以来，政府的一大担忧就是**系统风险**(systemic risk)。该风险是指一个大型金融机构的破产会导致其他大型金融机构破产，因此产生连锁反应，使得整个金融系统瘫痪。

期货市场的一大优点在于它几乎没有信用风险，所以也不会引发系统风险。毫不奇怪，政治家和监管人员已经着眼于如何让场外市场更像期货市场。场外市场的参与者在政府的压力之下开始采用清算中心，以此来减少系统风险并增加透明度。监管人员尤其热衷于信用违约互换(Credit default swaps，CDS)的清算中心，[⊖]这意味着与交易期货一样，交易CDS的金融机构也需要在清算中心设立一个保证金账户。美国的清算中心ICE信托(由IntercontinentalExchange进行运作)于2009年3月开始对CDS进行结算，而欧洲的清算中心Eurex于2009年7月开始类似的运作。

清算中心的一个局限在于，它只能清算标准化的场外市场合约，根据市场价格计算每天的盈亏是必需的。促成CDS清算中心的一部分原因在于早前发生的AIG案件，但实际上即便有清算中

⊖ 信用违约互换为企业及国家的违约事件提供了保护，第23章将讨论合约的运作机制。1999～2007年间，CDS市场增长迅猛。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

心的存在，也未必能避免 AIG 事件的发生，因为 AIG 的许多 CDS 合约是非标准的。除了清算中心对 OTC 交易进行标准化，监管者很可能要求金融机构为非标准交易提供更多的资本金。

2.6 报纸上的报价

许多报纸都有期货的行情报价，表 2-2 为 2009 年 8 月 5 日《华尔街日报》上刊载的前一交易日(2009 年 8 月 4 日星期二)的期货交易价格。关于股指期货、外汇期货、利率期货的报价将分别在第 3 章、第 5 章及第 6 章给出。

《华尔街日报》只提供了较短期限合约的报价，大多数商品还有期限更长的期货交易合约。但随着期限的增长，交易量会有所下降。

表 2-2 的表头列有期货交易所名称、合约的规模、报价方式等信息。第 1 项资产为铜，交易所是纽约商品交易所(COMEX，现在是 CME 的一部分)。合约规模为 25 000 磅，报价方式以美分每磅计量，期货的到期月列在第 1 列。

表 2-2 2009 年 8 月 5 日《华尔街日报》商品期货报价

Futures Contracts

Metal & Petroleum Futures

	Open	Contract High hi	Contract Low lo	Settle	Chg	Open interest
Copper-High (CMX)-25,000 lbs.; cents per lb.						
Aug	273.00	279.00	269.00	**278.90**	5.75	1,563
Sept	274.75	279.90	269.40	**279.55**	5.70	73,515
Gold (CMX)-100 troy oz.; $ per troy oz.						
Aug	956.60	969.50	950.80	**967.50**	10.90	3,076
Oct	957.60	971.20	951.80	**968.40**	10.90	25,843
Dec	960.00	972.70	953.10	**969.70**	10.90	253,693
Feb'10	960.90	973.00	957.90	**971.20**	11.00	17,360
April	958.50	974.50	958.50	**972.60**	11.00	19,635
June	963.70	971.20	963.70	**974.40**	11.20	12,582
Platinum (NYM)-50 troy oz.; $ per troy oz.						
Oct	1242.50	1279.90	1226.30	**1276.80**	37.10	22,215
Jan'10	1223.00	1276.00	1236.30	**1282.70**	37.10	822
Silver (CMX)-5,000 troy oz.; cnts per troy oz.						
Aug	1419.0	1463.0	1419.0	**1468.8**	44.3	7
Sept	1425.2	1476.5	1402.5	**1469.5**	44.3	54,178
Crude Oil, Light Sweet (NYM)-1,000 bbls.; $ per bbl.						
Sept	71.34	71.95	70.16	**71.42**	-0.16	320,204
Oct	73.06	73.80	71.94	**73.30**	0.12	127,292
Nov	74.02	75.11	73.19	**74.69**	0.42	63,132
Dec	75.02	76.00	74.10	**75.62**	0.56	157,921
June'10	77.79	79.41	77.78	**79.41**	0.66	58,379
Dec	79.90	81.00	79.31	**80.66**	0.79	92,131
Heating Oil No. 2 (NYM)-42,000 gal.; $ per gal.						
Sept	1.8790	1.9190	1.8480	**1.9014**	.0301	67,725
Dec	1.9795	2.0097	1.9551	**1.9982**	.0254	39,328
Gasoline-NY RBOB (NYM)-42,000 gal.; $ per gal.						
Sept	2.0665	2.0709	2.0375	**2.0567**	-.0126	95,497
Oct	1.9500	1.9552	1.9249	**1.9465**	-.0084	35,285
Natural Gas (NYM)-10,000 MMBtu.; $ per MMBtu.						
Sept	3.991	4.060	3.868	**4.001**	-.030	176,348
Oct	4.250	4.330	4.139	**4.275**	-.010	93,919
Nov	4.950	5.048	4.877	**5.005**	-.006	43,158
Dec	5.650	5.730	5.568	**5.693**	-.008	45,555
Jan'10	5.911	5.990	5.836	**5.951**	-.012	46,871
April	5.730	5.832	5.701	**5.815**	-.006	38,440

Agriculture Futures

	Open	Contract High hi	Contract Low lo	Settle	Chg	Open interest
Corn (CBT)-5,000 bu.; cents per bu.						
Sept	355.75	361.25	352.75	**354.50**	-3.50	229,548
Dec	366.75	372.00	363.00	**365.75**	-3.25	432,623
Ethanol (CBT)-29,000 gal.; $ per gal.						
Aug	1.660	1.660	1.660	**1.658**	-.012	78
Jan'10	1.610	1.630	1.610	**1.630**	-.040	522
Oats (CBT)-5,000 bu.; cents per bu.						
Sept	213.75	220.00	211.00	**211.00**	...	2,210
Dec	225.75	234.75	224.50	**225.00**	-.25	10,251
Soybeans (CBT)-5,000 bu.; cents per bu.						
Aug	1168.50	1178.75	1160.00	**1165.00**	-8.50	7,230
Nov	1028.50	1040.00	1015.00	**1031.50**	1.00	242,489
Soybean Meal (CBT)-100 tons; $ per ton.						
Aug	363.70	369.70	363.40	**366.80**	-.30	6,041
Dec	309.70	314.90	305.30	**311.80**	2.20	73,143
Soybean Oil (CBT)-60,000 lbs.; cents per lb.						
Aug	37.02	37.51	36.86	**37.45**	-.09	9,114
Dec	38.12	38.27	37.37	**38.17**	-.11	123,391
Rough Rice (CBT)-2,000 cwt.; cents per cwt.						
Sept	1365.50	1398.00	1360.00	**1381.50**	18.50	4,777
Nov	1390.00	1417.00	1383.00	**1402.50**	15.50	3,623
Wheat (CBT)-5,000 bu.; cents per bu.						
Sept	548.75	551.00	538.25	**542.25**	-7.00	121,752
Dec	577.00	578.00	566.00	**570.25**	-7.00	136,513
Wheat (KC)-5,000 bu.; cents per bu.						
Sept	576.75	580.00	567.00	**573.00**	-6.00	36,873
Dec	593.00	596.00	585.00	**589.50**	-6.50	41,335
Wheat (MPLS)-5,000 bu.; cents per bu.						
Sept	624.00	624.75	615.50	**620.00**	-4.25	8,720
Dec	638.00	639.50	629.50	**634.25**	-5.00	14,363
Cattle-Feeder (CME)-50,000 lbs.; cents per lb.						
Aug	101.875	102.000	100.650	**100.950**	-1.050	7,257
Sept	102.000	102.000	100.450	**100.575**	-1.400	8,636
Cattle-Live (CME)-40,000 lbs.; cents per lb.						
Aug	84.450	84.550	83.800	**84.075**	-.375	29,574
Oct	90.575	90.575	89.450	**89.725**	-.600	107,722
Hogs-Lean (CME)-40,000 lbs.; cents per lb.						
Aug	54.700	55.300	▼ 53.500	**53.975**	-.975	9,003
Oct	51.600	52.575	▼ 49.325	**50.125**	-1.925	54,866
Pork Bellies (CME)-40,000 lbs.; cents per lb.						
Aug	61.000	61.500	59.750	**59.750**	-2.000	256
Feb'10	80.000	80.300	79.000	**80.000**	-1.000	262
Lumber (CME)-110,000 bd. ft., $ per 1,000 bd. ft.						
Sept	204.20	214.00	201.10	**207.00**	3.00	4,621
Nov	208.00	215.00	205.00	**209.40**	.70	3,492
Milk (CME)-200,000 lbs., cents per lb.						
Aug	11.12	11.15	10.96	**10.96**	-.14	4,197
Sept	12.63	12.66	12.06	**12.11**	-.50	4,392
Cocoa (ICE-US)-10 metric tons; $ per ton.						
Sept	2,935	2,952	2,880	**2,945**	10	38,829
Dec	2,968	2,990	2,919	**2,985**	13	38,661
Coffee (ICE-US)-37,500 lbs.; cents per lb.						
Sept	132.60	134.10	131.30	**133.00**	-.05	50,593
Dec	135.50	137.15	134.50	**136.05**	-.10	32,268
Sugar-World (ICE-US)-112,000 lbs.; cents per lb.						
Oct	19.13	19.46 ▲	19.02	**19.35**	.21	322,665
March'10	20.29	20.67 ▲	20.19	**20.60**	.31	191,036
Sugar-Domestic (ICE-US)-112,000 lbs.; cents per lb.						
Sept	23.90	23.91 ▲	23.55	**23.60**	.10	1,417
Cotton (ICE-US)-50,000 lbs.; cents per lb.						
Oct	60.72	60.90	59.79	**60.65**	-.01	1,976
Dec	62.39	62.91	61.57	**62.56**	-.03	101,390
Orange Juice (ICE-US)-15,000 lbs.; cents per lb.						
Sept	89.85	96.30	89.65	**92.85**	3.05	12,667
Nov	93.50	99.40	93.15	**96.30**	3.00	13,644

注：表中各列分别为月份、开盘价、最高价、最低价、结算价格、变化量及未平仓合约数量。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

2.6.1 价格

每一行的前三个数字分别代表当日开盘价、最高价和最低价。开盘价是在每天交易开始后立即成交的期货合约价格。2009 年 8 月 4 日，9 月份到期的铜期货开盘价为每磅 274.75 美分，当天的交易价介于 269.40 美分与 279.90 美分之间。

2.6.2 结算价格

每行的第 4 个数字为**结算价格**(settlement price)，该价格用于计算每天合约的盈亏以及保证金的数额，是交易日结束之前即时成交的期货合约价格。每行的第 5 个数字为当天结算价格与上一个交易日结算价格相比的变化量。以 2009 年 9 月份的铜期货为例，2009 年 8 月 4 日结算价格为 279.55 美分，与前一天相比，其价格上升幅度为 5.70 美分。

对于 2009 年 9 月份期货合约而言，合约长头寸的投资者在 2009 年 8 月 4 日会发现其保证金账户的余额增加了 1 425 美元(25 000 × 5.7 美分)；类似地，合约短头寸的投资者在这一天会发现其保证账户的余额减少了 1 425 美元。

2.6.3 未平仓合约数量

表 2-2 中最后一列为每份合约的**未平仓数量**(open interest)，该数量为正在交易的合约数量的总和，即等于所有长头寸的总和，也等于所有短头寸的总和。2009 年 9 月未平仓期货合约数为 73 515 份。注意，2009 年 8 月未平仓合约数量相对很小，因为大多数持有长头寸或短头寸的交易员已经平仓。

有时，一天的交易量会超出交易结束时未平仓的合约数，这说明当天存在大量的即日交易。

2.6.4 期货价格模式

期货价格可以呈现不同的模式。在表 2-2 中，黄金及原油的交割价格随期限增加而上升，这一模式被称为**正常市场**(normal market)。表 2-2 显示 8 月份、11 月份黄豆的结算价格分别为 1 165 美分、1 031.50 美分每蒲式耳。根据 2009 年 8 月 4 日 CME 网页上的数据显示，截至 2010 年底，黄豆期货价格一路下跌，也就是说价格为合约期限的递减函数，这种市场被称为**反向市场**(inverted market)。

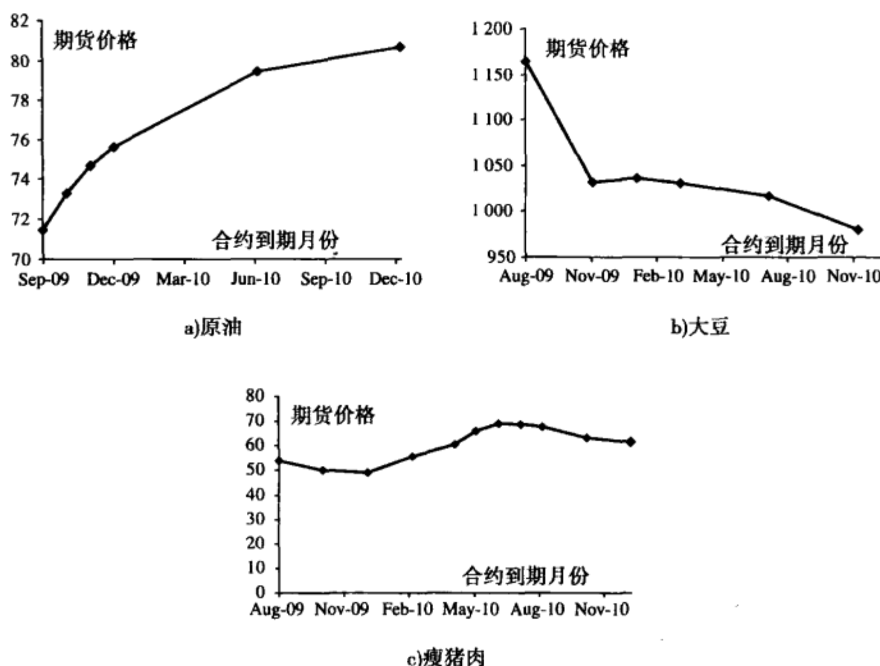
期货价格也可以是正常市场和反向市场的混合型。2009 年 8 月 4 日，瘦猪肉期货是这种市场的一个实例。如表 2-2 所示，期货价格先是随着期限的增长而下降，根据 CME 的网上数据显示，下降趋势一直持续到 2009 年底，之后期货价格一路上扬直到 2010 年中期，然后又下降。图 2-2 显示了 2009 年 8 月 4 日原油、黄豆和瘦猪肉的期货价格与期限之间的函数图。

2.7 交割

本章前面曾介绍，只有很少的期货合约在开仓后会触发资产的最终交割，大多数期货会被提前平仓。无论如何，最后交割的可能性决定了最终的期货价格，因此理解交割的过程仍非常重要。

交割期可由交易所定义，这些时段的定义在合约与合约之间有所不同，具体交割时间是由期货的短头寸方来决定的，这里我们将期货的短头寸方记为 A。当投资者 A 决定交割资产时，其经纪人会向交易所清算中心发出交割意向书，意向书中阐明交割产品的数量。对于商品，意向书中还要阐明交割地点及交割产品的级别，交易所然后会选择期货长头寸的某一方来接受交割。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net



a)原油

b)大豆

c)瘦猪肉

图 2-2 2009 年 8 月 4 日，三种产品期货价格与合约期限的函数关系

假定投资者 B 为 A 所持有的合约在开仓时的交易对手，我们应该充分意识到 B 并不一定就是接受交割的投资者，B 可能通过与投资者 C 的交易而提前对其合约进行平仓，投资者 C 也可能通过与投资者 D 的交易而对其合约进行平仓。通常的规则是，交易所将交割产品意向书转给持有长头寸最久的投资者，持有长头寸最久的一方必须接受交割通知。但是，如果通知是可转让的(transferable)，长头寸投资方会有一定的时间(通常为半个小时)寻找另一个长头寸投资者来接受交割通知。

对于商品期货，接受交割通常意味着以接受仓库收据的形式进行支付，接受交割的一方要负责所有仓储的费用。对于活牲畜，还会有动物的喂养费用(见业界实例 2-1)；对于金融产品期货，交割一般通过电子汇款的形式实现。对于所有的期货，其行使价格对应于最新的结算价格。如果行使价格由交易所来确定，那么行使价格还要根据产品等级、交割地点等加以调整。从发出通知到最后资产的支付，整个交割过程一般需要 2 ~ 3 天时间。

合约中有 3 个至关重要的日期，分别是**第 1 交割通知日**(first notice day)、**最后交割通知日**(last notice day)及**最后交易日**(last trading day)。第 1 交割通知日是可以向交易所发出交割意向的第 1 天，最后交割通知日是可以向交易所发出交割意向的最后一天，最后交易日通常为最后交割通知日的前几天时间。为了避免交割的风险，持有长头寸的投资者应该在第 1 交割通知日之前将期货平仓。

某些金融期货(如标的资产为股指期货)采用现金形式结算，因为直接交割标的资产非常不方便或不可能。例如，对于标的资产为 S&P 500 指数的期货，交割标的资产包括交割一个 500 只股票的组合。当合约以现金结算时，所有合约要在一些事先指定的时间按市场定价。最后的结算价格等于标的资产在事前指定交易日的开盘或收盘的现货价格。例如，在芝加哥商品交易所交易的 S&P 500 期货合约，事先约定的计算价格的日期为交割月的第 3 个星期五，最终结算价以开盘价为准。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

2.8 交易员类型及交易指令类型

有两种交易员执行交易：一类为**期货佣金经纪人**(futures commission merchants，FCM)，另一类为**自营经纪人**(local)。FCM 执行其他人的指令并收取佣金，自营经纪人以自己账户中的资金进行交易。

持有头寸的个人，无论是自营经纪人还是佣金经纪人的客户，都像第 1 章讨论的那样，可被划分为对冲者、投机者或套利者。投机者可被分为“黄牛”(scalper)、**日间交易员**(day trader)及**头寸交易员**(position trader)。“黄牛”等待价格出现的短期趋势，并从中盈利，这些交易员持有头寸时间可能只有几分钟；日间交易员持有头寸的时间不超过一个交易日，他们不愿承担每天晚上利空消息所带来的风险；头寸交易员持有期限较长，他们希望从市场的大变动中取得可观的盈利。

投资者向经纪人所发指示中最简单的是**市场指令**(market order)，该指令是以市场上可得到的最高价格马上进行交易。市场上还有许多其他形式的指令。我们在这里讨论较为常用的几种形式。

限价指令(limit order)限定一个特殊的交易价格，只有在达到该价格或更优惠价格时才能执行这一指令。因此，如果一个投资者想买入资产的限价指令为 30 美元，这一指令只有在价格为 30 美元或更低时才能执行。当然，如果限定的价格一直没有达到，这一指令就不会被执行。

停止指令(stop order)或**止损指令**(stop-loss order)也限定一个特殊价格，这一指令在买入或卖出价格达到这一特殊价格或更低价格时会被执行。假定一个止损指令为 30 美元卖出资产，当前资产价格为 35 美元。当价格低于 30 美元时，这一卖出指令便会被执行。事实上，止损指令在某个注明的价格达到时就会成为市场指令。止损指令的目的是在不利价格产生后对头寸进行平仓，以此来控制损失的幅度。

限价止损指令(stop-limit order)是一个止损指令与限价指令的组合。当买入或卖出价格等于止损或比止损价格更糟时，这一指令就变为限价指令。在限价止损指令中必须说明两个价格：**限价价格**(limit price)及**止损价格**(stop price)。假定在市场为 35 美元时，一个买入资产的限价止损指令阐明其止损价格为 40 美元，限价为 41 美元。当市场上出现买入或卖出价格为 40 美元时，这一限价止损指令变为限价为 41 美元的限价指令。如果限价指令与止损指令相等，这一指令有时也被称为**止损和限价指令**(stop-and-limit order)。

触及市价指令(market-if-touched order，MIT)是当价格达到一个指定水平或者比指定水平更有利的价格时才执行交易的指令。事实上，一个 MIT 指令在某市价价格达到指定水平后就变为市场指令。MIT 指令也被称为**宽板指令**(board order)。考虑某交易员持有期货的长头寸，他向经纪人发出指令来对合约进行平仓。止损指令是在价格朝不利的方向变动时，保证损失锁定在一定范围内。与止损指令相反，触及市价指令是在价格朝有利方向变动时，保证盈利达到足够高的水平。

自行裁定指令(discretionary order)或**不为市场所限指令**(market-not-held order)是一个特殊的市场指令，其特殊之处在于纪纪人可以自行决定延迟交易以获得更好的价格。

有些指令限定执行交易的时间，除非特别说明，**当前指令**(day order)在交易日当天结束时会自动取消，**限时指令**(time-of-day order)阐明指令只能在一天内的某个时间才能被执行，**开放指令**(open order)或**一直有效直至成交指令**(good-till-canceled order)是在成交后才被取消的指令，或者直至到期日才被取消的指令。顾名思义，**立即成交指令**(fill-or-kill order)要求指令立即被执行，否则将永不执行。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

2.9 监管

当前美国的期货市场由联邦政府机构，即商品期货交易委员会(Commodity Futures Trading Commission，CFTC，www.cftc.org)监管，成立于1974年，该委员会的职责是为期货交易所发放执照并批准期货合约。所有的新合约及对现存合约的修改都必须得到CFTC的批准。为了得到批准，合约必须有某种经济目的，通常意味着合约必须满足对冲者及投机者的某种需求。

CFTC关心大众利益，该组织负责确保价格信息会被传递给公众，如果期货交易者的头寸超出某一规定水平，他们必须报告其所持有的流通的期货头寸，CFTC也向所有为大众提供期货服务的个人颁发执照，调查这些提供服务的个人的背景，同时规定其最低资本金要求。CFTC处理公众投诉，如果投诉确实正当，CFTC将采取某些惩罚措施。CFTC有权要求交易所对违反监管的成员进行惩罚。

1982年，自从美国全国期货协会(National Futures Association，NFA，www.nfa.futures.org)成立以后，CFTC的部分责任以行业自律的形式转移到了该协会。NFA是期货从业人员的自发性组织，其目的是为了防止欺诈并确保市场运作符合大众利益。NFA有权监测交易并在适当的情况下采取惩罚措施。该机构建立了一些有效的制度，以便对个人及会员之间的纠纷作出公正裁决。

有时，其他机构，诸如证券交易委员会(Securities and Exchange Commission，SEC，www.sec.gov)、联邦储备委员会(Federal Reserve Board，FRB，www.federalreserve.gov)及美国财政部(U.S. Treasury Department，www.treas.gov)对期货交易的某些方面也有管辖权。这些机构关注期货交易对股票、短期国债、长期国债等现货市场的影响。SEC对于是否批准一只新的股票及债券指数期货的上市有强有力的否决权。但是，关于期货及期货期权的基本职责还是由CFTC来承担。

在大多数情况下，期货市场都能有效运作，并且与公众利益保持一致，但有时也确实发生一些违规交易。例如，当某个投资集团企图“操纵市场”时，就会出现违规交易行为[⊖]。例如，某投资集团持有大量期货的长头寸，并试图对标的商品的供应进行某种控制。随着期货期限的临近，该投资集团并没有对其头寸进行平仓，因此流通期货的数量可能超出了能够用于交割的商品的数量，短头方的持有者察觉到他们难以交割，只能绝望地平仓，因此期货价格和现货价格会急剧上升。监管当局处理市场上这类违规事件的方法通常是增加保证金、设定更严格的头寸限额、禁止可以让投机者增加未平仓头寸的交易，以及强迫市场参与者平仓等。

其他种类的违规交易可能涉及交易所大厅的交易员。FBI利用卧底在芝加哥交易所及芝加哥商品交易所进行了两年调查，并在1989年初披露了一些市场违约行为。调查起因于一家大型农场公司的投诉，投诉内容包括向客户收取过高的费用、不向客户支付卖出商品的全部收益以及交易员在已知客户信息的基础上为自己提前交易的行为(这一行为被称为**抢先交易**(front running))。

2.10 会计及税收

关于期货合约的会计及税务处理的详细细节已超出本书范围，需要这方面知识的交易员可向专家咨询。在本节，我们只提供一些基本的背景知识。

⊖ 这种违规最著名的案例为1979～1980年亨特兄弟在白银市场上的交易行为。在1979年中期～1980年初，他们的交易行为使得白银从每盎司6美元上升到每盎司50美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

2.10.1 会计

会计准则要求，除了用于对冲的情形，期货合约市场价格变化的(财务)确认时间应与其发生时间保持一致。如果合约被划分为合格对冲，为了财会目的，合约盈亏确认时间可以等同于被对冲产品盈亏发生的时间。这一方法被称为**对冲会计法则**(hedge accounting)。

例2-1考虑了一家公司，其财年截至12月底。2010年9月，该公司买入了2011年3月的玉米期货，并在2011年2月底进行平仓。假定在进入合约时期货价格为每蒲式耳250美分，在2010年底的价格为270美分，在2011年平仓时价格为280美分。合约标的资产为5 000蒲式耳玉米。如果合约不是合格的对冲，那么对其收益的会计处理为

2010年的收入为5 000×(2.70－2.50)＝1 000美元

2011年的收入为5 000×(2.80－2.70)＝500美元

如果公司是为了对冲目的，在2011年2月买入5 000蒲式耳玉米，该合约是合格对冲，其会计处理方式为：全部1 500美元收入可以被认为是在2011年发生。

【例2-1】 期货合约的会计处理

一家公司在2010年9月买入了2011年3月的玉米期货，价格为每蒲式耳250美分。公司在2011年2月底将期货平仓，平仓时价格为280美分。2010年12月31日(即公司财政年末)，2011年3月到期的期货价格为270美分每蒲式耳。

如果合约不是合格的对冲，那么对其收益的会计处理为

2010年的收入为5 000×(2.70－2.50)＝1 000美元

2011年的收入为5 000×(2.80－2.70)＝500美元

如果合约是合格的对冲，那么对其收益的会计处理为

2010年的收入为0美元

2011年的收入为5 000×30美分＝1 500美元

这里处理对冲收益的方式较为合理。如果公司是为了对冲在2011年2月份买入的5 000蒲式耳玉米，期货合约的作用就是为了保证行使价格接近于每蒲式耳250美分。会计处理反映了2011年的行使价格。

1998年6月，美国财务会计准则委员会(Financial Accounting Standards Board，FASB)颁布了关于衍生产品及对冲行为会计标准第133号文件(FAS 133)。FAS 133适用于所有衍生产品(包括期货、远期、互换及期权)。这一标准要求所有的衍生产品都要以公平价格计入资产负债表[⊖]，同时FAS 133增加了信息披露的要求。与以前相比，这一文件对于公司在使用对冲会计法则时的要求更加严格。为了保证能够采用对冲会计法则，对冲产品一定要很有效地抵消(被对冲)头寸，而且每3个月要进行一次对冲有效性测试评估。国际会计准则委员会(International Accounting Standards Board)也颁布了一个类似的标准，即IAS 39号文件。

2.10.2 税收

在美国的税务规定下，计算税收的两个关键因素是**应税损益**(taxable gain or loss)及其确认时刻。损益可分为**资本损益**(capital gain or losses)或者**普通收入**(ordinary income)。

⊖ 在这之前，衍生产品的吸引力之一在于它们被处理为表外项目(off-balance-sheet)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

对于企业纳税人而言，资本损益的税率与普通收入相同，然而扣减资本损失则受到一定限制。企业资本损失只能从资本收益中扣除。公司可以弥补过去 3 年的资本损失，并将资本损失在未来 5 年分摊。对于非公司纳税人而言，短期资本收益与普通收入的税率相同，长期资本收益的税率低于普通收入(长期资本收益来源于持有期超过一年的资产带来的收入；短期资本收益来源于持有期不超过一年的资产带来的收入)。1997 年的《纳税人减税法案》加大了普通收入与长期资本收益税率之间的差别。对于非企业纳税人而言，资本损失最多可以从资本收益及普通收入总和中抵扣 3 000 美元，并可以无限期向未来展期。

一般来讲，处理期货合约时，期货头寸可以将其看成在税收年度的最后一天被平仓。对于非企业纳税人而言，这会产生资本损益。这些损益有 60% 应被视为长期损益，40% 被视为短期损益，这一处理方式不考虑实际的持有期限，此即所谓的“60/40 法则”。非企业纳税人可以将来自于 60/40 法则的损失抵消过去 3 年因该法则而产生的收入。

对冲交易不受以上规则的限制，税务中关于对冲的定义与会计规则关于对冲的定义有所不同。在税法中，对冲的定义是，在正常的业务运作中，由于以下两个目的而产生的交易：

- 为了降低纳税人出于获得普通收入的目的，而持有或将要持有的财产所面临的价格及汇率波动的风险。
- 为了降低纳税人由于贷款所面临的价格、利率及汇率的风险。

这些交易必须被明确地记录为对冲交易。处理对冲交易的损益与普通收入一样，对冲交易损益的确认时刻一般与被对冲项目产生收入或损失时刻一致。

2.11 远期与期货合约比较

如第 1 章所述，远期合约与期货合约类似，都是关于在将来某一时刻以某一价格买入或卖出一定数量的资产的合约。期货合约在交易所交易，远期合约为场外交易，远期合约通常是在金融机构之间或金融机构与其客户之间进行。

远期合约的一方进入合约长头寸，即同意在将来某一时刻以某一价格买入资产；另一方进入合约短头寸，即同意在将来某一时刻以某一价格卖出资产。远期合约不受交易所限制，交割期可以设在对双方均有利的任何时刻。通常来讲，远期合约指定一个单一交割日期，而期货合约阐明一系列交割日期。

与期货合约不同，远期合约并不是每天以市场定价，而是在给定的交割日结算。大多数期货在交割日之前会被平仓，而大多数远期合约会导致实际资产交割或现金交割。表 2-3 总结了远期及期货合约的主要不同点。

表 2-3 远期合约与期货合约的比较

远期合约	期货合约
交易双方的私下合约	交易所内标准合约
非标准化	标准化
通常只有单一交割日	有一系列交割日
在合约到期时结算	每日结算
通常会发生实物或现金交割	合约通常在到期前被平仓
有信用风险	几乎没有信用风险

2.11.1 期货及远期合约的盈利

假定英镑的 90 天远期汇率为 1.60(每英镑所对应的美元数量)，这一汇率也正好是在 90 天后交割的外汇期货价格。在远期合约中，全部的损益均在合约到期时实现；在期货合约中，损益每天都能体现，这是由每日结算造成的。图 2-3 显示了 90 天期 100 万英镑的长头寸及短头寸期货或远期的净盈利现金流。

在例 2-2 中，我们考虑了投资者 A 进入了 90 天期限、面值 100 万英镑的远期合约，而投资者

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

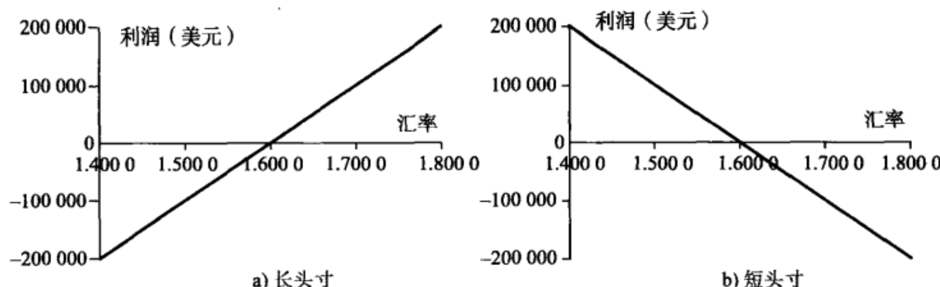


图 2-3　100 万英镑期货的长头寸及短头寸的净盈利

B 进入了 90 天期限、面值也为 100 万英镑的期货合约（因为每一份期货合约都是关于 62 500 英镑的交易，投资者 B 应持有 16 份合约）。假定在 90 天后，即期汇率为 1.700，投资者 A 在 90 天后收入 100 000 美元；投资者 B 也有收益，但其收益分布在 90 天内。在某些天，投资者 B 可能会有损失，而在其他时间会有收益，但是总体来讲，将损失、收益相抵后，其 90 天的净收益为 100 000美元。

【例 2-2】　期货与远期比较

投资者 A 进入了一个面值为 100 万英镑、90 天期限的远期合约长头寸，远期汇率为 1.60（美元/英镑）。投资者 B 进入了一个面值为 100 万英镑、90 天期限的期货合约长头寸，期货价格也是 1.60。在 90 天时，汇率为 1.70。

其结果是，投资 A 和 B 的整体收益均等于

$$(1.70-1.60)\times 1\,000\,000=100\,000 \text{ 美元}$$

投资 A 的全部收益均发生在第 90 天，投资 B 的收益分散在 90 天中的每一天，在某些天 B 可能会有损失，而在其他时间可能会有收益。

2.11.2　外汇报价

外汇的远期和期货交易都十分活跃，但是这两个市场中汇率的报价有所不同。期货的报价总是以一个外币所对应的美元为单位，或者以一个外币对应的美分为单位。远期报价永远同现货市场报价一样。这意味着，对于英镑、欧元、澳元及新西兰元，远期报价以 1 外币所对应的美元价格为单位，这与期货报价有可比性。对于其他主要货币，远期报价以 1 美元兑换的外币数量为单位。考虑加元的情形，期货报价为每加元 0.85 美元，与之对应的远期报价为每美元 1.176 5 加元（1.176 5 = 1/0.85）。

小　结

大部分期货合约不对标的资产进行实际交割，这些合约在交割期到达之前就已经被平仓。但是，正因为存在最后交割的可能性，使得期货价格收敛于现货价格。对于每份期货合约来说，在一定的时间范围内能够以一个明确规定的流程来进行资产交割。其他如标的资产是股指的期货合约，则以现金结算而不是采用实物交割结算。

制定合约的细则是期货交易所的一个重要职责。合约双方都应该了解可交割资产种类、交割地点以及交割时间。他们还必须知道以下细节：交易时间、报价形式、最大价格变动等信息。新

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

合约必须得到商品期货交易委员会的批准。

保证金是期货市场很重要的一个组成部分。投资者要在其经纪人处开设一个保证金账户，该账户的资金余额每天都要调整以反映盈亏状态，在价格变动对投资者不利时，经纪人会要求投资者追加保证金。经纪人必须是(清算中心)会员，或者必须在清算中心会员处开设一个保证金账户。清算中心会员要在清算中心开设一个保证金账户。保证金账户的余额每天都要进行调整以反映会员业务的盈亏状态。

交易所系统采集期货信息，并在数秒内向全世界发布。许多类似《华尔街日报》这样的报纸都刊登前一天交易信息的摘要。

远期合约与期货合约在几个方面有所不同。远期合约是由双方约定的私下合约，而期货合约在交易所进行交易。远期合约只有一个交割日期，而期货合约通常有一个交割区间。因为远期合约不在交易所交易，因此无须标准化；远期合约结算通常在合约到期日，大多数远期合约会导致到期日的实物交割或现金结算。

在接下来几章，我们将进一步详细讨论如何应用远期及期货来进行对冲，还将讨论远期及期货合约的定价方法。

推荐阅读

Gastineau, G. L., D. J. Smith, and R. Todd. *Risk Management, Derivatives, and Financial Analysis under SFAS No. 133*. The Research Foundation of AIMR and Blackwell Series in Finance, 2001.

Jones, F. J., and R. J. Teweles. *The Futures Game* (B. Warwick, ed.), 3rd edn. New York: McGraw-Hill, 1998.

Jorion, P. "Risk Management Lessons from Long-Term Capital Management," *European Financial Management*, 6, 3 (September 2000): 277–300.

Kawaller, I. G., and P. D. Koch. "Meeting the Highly Effective Expectation Criterion for Hedge Accounting," *Journal of Derivatives*, 7, 4 (Summer 2000): 79–87.

Lowenstein, R. *When Genius Failed: The Rise and Fall of Long-Term Capital Management*. New York: Random House, 2000.

测验题

2.1 请说明未平仓合约数量与交易量的区别。

2.2 请说明自营经纪人与期货佣金经纪人的区别。

2.3 假定你进入了一个纽约商品交易所 7 月份白银期货合约的短头寸，在合约中你能够以每盎司 17.20 美元的价格卖出白银，期货规模为 5 000 盎司白银。最初保证金为 4 000 美元，维持保证金为 3 000 美元，期货价格如何变动会导致保证金的催付通知？如果不能满足保证金催付通知会有什么后果？

2.4 假定 2010 年 9 月一家公司进入了 2011 年 5 月原油合约的长头寸。2011 年 3 月公司将合约平仓。在进入合约时期货价格(每桶)为 68.30 美元，平仓时价格为 70.50 美元，2010 年 12 月底为 69.10 美元。每份合约是关于 1 000 桶石油的交割。公司的盈利是多少？盈利时间如何分布？对对冲者和投机者应如何征税？假定公司年度末为 12 月 31 日。

2.5 在 2 美元卖出的止损指令的含义是什么？什么时候可采用这一指令。在 2 美元卖出的限价指令的含义是什么？什么时候可采用这一指令。

2.6 由清算中心管理的保证金账户的运作与由经纪人管理的保证金账户的运作有什么区别？

2.7 外汇期货市场、现货市场、及远期市场汇率报价的区别是什么？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

练习题

2.8 期货合约的短头寸方有时有权选择交割资产的种类、交割地点以及交割时间等。这些选择权会使期权价格上升还是下降？请解释原因。

2.9 设计一个新的期货合约时最主要应考虑哪几个方面？

2.10 请说明保证金如何保证投资者免受违约风险。

2.11 某投资者进入了两个冰冻橙汁合约的长头寸，每份合约的规模均为 15 000 磅橙汁，当前期货价格为每磅 160 美分，最初保证金每份合约 6 000 美元，维持保证金为每份合约 4 500 美元。什么样的价格变化会导致保证金的催收？在哪种情况下可以从保证金账户中提取 2 000 美元。

2.12 如果在交割区间内期货价格大于现货价格，请证明存在套利机会。如果期货价格小于现货价格，套利机会还存在吗？请解释你的答案。

2.13 请解释触及市价指令与止损指令的区别。

2.14 请解释止损限价指令中，限价为 20.10 美元时以 20.30 美元卖出的含义是什么？

2.15 在某一天末，某清算中心会员持有 100 个合约的长头寸，结算价格为每份合约 50 000美元，最初保证金为每份合约 2 000 美元。第 2 天，该会员将 20 个长头寸进行平仓，平仓价为 51 000(每份合约)，在第 2 天末的结算价格为 50 200 美元。该会员要向清算中心注入多少维持保证金？

2.16 在 2010 年 7 月 1 日，某日本公司进入了面值为 100 万日元的远期合约。在合约中，该公司同意在 2011 年 1 月 1 日买入 100 万日元。2010 年 9 月 1 日，该公司又进入了一个在 2011 年 1 月 1 日卖出 100 万日元的远期合约。请将公司美元盈亏描述为在 2010 年 7 月 1 日和 2010 年 9 月 1 日的远期汇率的函数。

2.17 一个在 45 天后支付的瑞士法郎远期汇率为 1.10。45 天后的相应的期货合约价格为 0.900。请解释这两个报价的含义。一位投资者想卖出瑞士法郎，哪一个汇率更有利？

2.18 假定你向纪经人发出了卖出 7 月份猪肉合约的指令，请描述这将产生什么结果。

2.19 “在期货市场投机就是纯粹的赌博，为了公众利益不应该让投机者在交易所交易期货。”请讨论这一观点。

2.20 请在表 2-2 中找出 3 种未平仓合约数量最高的商品。

2.21 如果在合约中未完全指明标的资产的质量，将导致什么情况发生？

2.22 “期货合约在交易所大厅进行交易时，未平仓合约数量可能增加 1 个，也可能保持不变或减少 1 个。”请解释这句话的含义。

2.23 假定在 2010 年 10 月 24 日，一家公司卖出了一份 2011 年 4 月的活牛期货合约，2011 年 1 月 21 日将合约平仓。在进入合约时期货价格(每磅)为 91.20 美分，在平仓时期货价格为 88.30 美分，2010 年 12 月底期货价格为 88.80 美分，期货规模为 40 000 磅活牛。这时公司盈利是多少？如果公司分别是对冲者和投机者，它将如何纳税？假定公司年终为 12 月 31 日。

作业题

2.24 交易员 A 进入期货的长头寸，3 个月后以 140 万美元兑换 100 万欧元；交易员 B 进入一个远期的长头寸，同样是 3 个月后以 140 万美元兑换 100 万欧元。假设汇率(美元/欧元)在前两个月急剧下跌，然后在第 3 个月回升到 1.43 美元/欧元。忽略每日结算，两位交易员的总盈利分别是多少？如果考虑每日结算的影响，哪个交易的盈利更大？

2.25 解释什么是未平仓合约数量，为什么未平仓合约数量通常在交割月之前的一个月会下降？在某一天，一份期货有 2 000 笔交易，其中在 2 000 个长头寸中，1 400 个是用于平

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

仓的，而剩下的600个是新头寸；在2 000个短头寸中，1 200个是用于平仓的，而剩下的800个是新头寸；这一天的交易对未平仓合约数量有什么影响？

2.26 一份橙汁期货的合约是关于15 000磅冰冻浓缩橙汁的交易。假定2009年9月，一家公司卖出2011年3月份橙汁的期货，价格为120美分每磅；2009年12月期货价格为140美分；2010年12月期货价格为110美分；2011年2月交易被平仓，价格为125美分。该公司以12月份为年末，这份合约给公司带来的损益是多少？如何实现损益？如果公司分别是对冲者和投机者，其会计和税务方面该如何处理？

2.27 一家公司进入了一个合约的短头寸，在合约中公司以每蒲式耳450美分卖出5 000蒲式耳小麦。初始保证金为3 000美元，维持保证金为2 000美元，价格如何变化导致保证金的催收？在什么情况下公司可以从保证金账户中提取1 500美元？

2.28 假定原油没有贮存费用，借入和借出资金的利率均为5%。2009年8月4日，如何通过交易2009年12月和2010年6月的原油期货合约盈利？请利用表2-2。

2.29 什么样的交易头寸等价于：一个在指定时刻以价格K买入资产远期合约的长头寸与一个在同一时刻以K价格卖出资产的看跌期权的组合。

2.30 在作者网页上(www.rotman.utorouto.ca/~hull/data)有关于原油期货及黄金期货的收盘价数据(这两种合约均在NYMEX交易)。请下载数据并回答以下问题：

a. 对以下情形你将对原油及黄金期货设定什么样的维持保证金：投资者的余额在某一天稍高于维持保证金水平，而在两天后余额为负值的概率为1%。如将概率减至0.1%，以上问题又有什么变化？假定每天市场价格变动服从正态分布，其均值为0。请解释为什么NYMEX对这一计算会感兴趣。

b. 假定某投资者在数据期限开始时进入石油合约的长头寸，并且在整个数据覆盖的时间内持有合约。超出初始保证金的余额会被提取。采用(a)中1%的风险水平的维持保证金，并假定维持保证金为初始保证金的75%。计算保证金催付次数以及出现负保证金余额的次数。假定所有的保证金催付均得到满足。对于在初始持有黄金期货短头寸的投资者而言，重复以上计算。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 3

第 3 章

采用期货的对冲策略

期货市场的很多参与者是对冲者，他们采用期货市场的产品来对冲自身面临的风险，这里的风险源可能是石油价格、汇率、股票价格或其他变量。完美对冲(perfect hedge)是指完全消除风险的策略。完美对冲很少见，因此，在大多数情况下，选取期货来对冲就是指找出一种对冲方式以保证对冲与完美对冲尽可能接近。

在本章，我们考虑设定对冲的一些基本问题：什么时候应该采用期货的短头寸？什么时候采用长头寸？应该选用哪一种期货合约？采用期货对冲的最佳头寸又是多少？现在，我们将集中精力考虑所谓的**保完即忘策略**(hedge-and-forget)[⊖]，即对冲策略在设定后，无须再对对冲进行调整。在此类对冲中，对冲者只需要在对冲开始时进入期货交易，然后在对冲结束时将对冲交易进行平仓。在第 17 章，我们将考虑**动态对冲策略**(dynamical hedging strategy)，在这类对冲策略中，对冲者要检测对冲策略，并经常调整对冲头寸。

在本章开始，我们将期货合约作为远期合约来处理(即忽略每天的结算制度)，然后我们将讨论被称为**“跟踪因子”**(tailing)的调节量，这种调节量考虑了期货与远期合约的不同。

3.1 基本原理

当个人或公司选用期货市场产品来对冲风险时，其目的是选择头寸以使得风险尽量呈中性。考虑一家公司，已知在接下去的 3 个月，如果某一商品的价格上涨 1 美分，公司将收益 10 000 美元；如果商品的价格下跌 1 美分，公司将损失 10 000 美元。为了对冲风险，公司资金部主管应进入期货合约的短头寸来抵消风险。对于 1 美分的商品价格上涨，期货应触发 10 000 美元的损失；对于 1 美分的商品价格下跌，期货应带来 10 000 美元的收益。如果商品价格确实下跌，期货合约

⊖ 此类对冲也被称为静态对冲。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

的收益会抵消公司其他业务的损失；如果商品价格上升，期货的损失被其他业务的收益抵消。

3.1.1 短头寸对冲

短头寸对冲(short hedge)正如以上例子所述，对冲者选择期货的短头寸。当对冲者已经拥有了某种资产并期望在将来某时刻卖出资产，选择期货短头寸对冲比较合理。例如，一个拥有活猪的农场主知道自己会在2个月后在当地市场将活猪卖出，他可以选择短头寸对冲。当某人当前并不拥有资产，但在将来某时刻会拥有资产时，也可以选择短头寸对冲。例如，一个美国进口商已知在3个月时将收入欧元，进口商在欧元(同美元比较)升值时会有收益，而在欧元(同美元比较)贬值时会有损失，他可以选择期货短头寸对冲。这时的对冲策略在欧元升值时会产生损失，而在贬值时会产生盈利。对冲会消除进口商的风险。

我们将利用例3-1来更详细地说明短头寸对冲的运作过程。假定今天是5月15日，某石油生产商刚刚进入了一个卖出100万桶石油的合约，合约所采用的价格为8月15日的市场价格。因此在今后3个月，石油价格每增长1美分，石油生产商的收益为10 000美元；石油价格每下跌1美分，石油生产商的损失为10 000美元。5月15日，每桶石油的现货价格为60美元，在纽约商品交易所(NYMEX)交易的8月份到期的石油期货的价格为59美元。因为NYMEX每份期货合约的规模为1 000桶石油，因此石油生产商可以通过卖出1 000份期货合约来对冲风险。如果石油生产商在8月15日进行平仓，这一交易策略的净效果是将石油价格锁定在59美元。

【例3-1】 短头寸对冲

今天为5月15日，某石油生产商进入了一个卖出100万桶石油的期货合约，合约中的价格是关于8月15日的现货价格。报价如下：

- 原油的现货价格：每桶60美元；
- 8月份的石油期货价格：每桶59美元。

石油生产商可以采用以下交易来对冲风险：

- 5月15日：卖出1 000份8月份的期货合约；
- 8月15日：将期货进行平仓。

将期货的盈亏考虑在内，公司得到的石油价格为每桶59美元。

为了说明对冲后将发生的情形，假定8月15日石油的现货价格为每桶55美元。公司因卖出石油而收入5 500万美元，因为8月份是期货合约的交割日，8月15日的期货价格应与当天的现货价格55美元十分接近。公司因持有石油期货每桶收益近似为

$$59-55=4\text{ 美元}$$

期货短头寸的收益为400万美元。卖出石油及期货的每桶收入近似为59美元，即总收入为5 900万美元。

对于另外一种情形，假定8月15日石油的现货价格为每桶65美元。公司因卖出石油而收入6 500万美元，因持有石油期货每桶亏损近似为

$$65-59=6\text{ 美元}$$

这时，卖出石油及期货的总收入大约为5 900万美元。很显然，对于不同情形，公司的总收入均大约为5 900万美元。

3.1.2 长头寸对冲

持有期货长头寸的对冲策略被称为**长头寸对冲**(long hedge)。当公司已知在将来需要买入一定资产并想在今天锁定价格时，可以采用长头寸对冲。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

这一过程的说明见例3-2。在这一例子中，某铜产品加工商知道在5月15日需要100 000磅铜，5月份期货合约的价格为每磅320美分，该加工商可以买入4份NYMEX的期货合约，每份合约的规模为25 000磅铜。这一策略的实际效果是将加工商所需的铜的价格锁定在每磅320美分。

假定5月15日铜的价格为每磅325美分。因为5月份为铜期货的交割月，现货价格与期货价格十分接近。加工商从期货合约中所得的收益近似为

$$100\ 000 \times (3.25 - 3.20) = 5\ 000 \text{ 美元}$$

加工商为买入铜而支付100 000×3.25 = 325 000美元，因此总费用近似等于

$$325\ 000 - 5\ 000 = 320\ 000 \text{ 美元}$$

对于另外一种情形，假定5月15日铜的现货价格为每磅305美分。加工商在期货中的损失大约为

$$100\ 000 \times (3.20 - 3.05) = 15\ 000 \text{ 美元}$$

而买入铜的支出为10 000×3.05 = 305 000美元，因此总费用大约为320 000美元，即每磅320美分。

【例3-2】 长头寸对冲

假定今天为1月15日，某铜产品加工商知道在5月15日需要买入100 000磅铜来履行某合约。铜的现货价格为每磅340美分，5月份铜期货的价格为每磅320美分，铜加工商可以采用以下交易来对冲其风险：

- 1月15日：进入4份5月份铜期货的长头寸；
- 5月15日：对交易进行平仓。

将期货的盈亏考虑在内，公司所支付的价格大约为每磅320美分。

注意，对于这家公司而言，采用期货合约的策略要优于在1月15日现货市场买入铜的策略。如果公司采用后一种方法，就必须支付每磅340美分，并且还要付出利息及贮存费用。当一家公司长期需要铜时，这些不便可能会被持有铜所带来的便利收益而抵消[⊖]。但是，如果公司在5月15日之前不需要铜，期货合约便是一个更好的选择。

在例3-1和例3-2中，我们均假定期货头寸在交割月被平仓。如果允许交割发生，对冲的基本效果不变。但是，做出或接受交割的费用可能很昂贵并且非常不便。出于这一原因，即使对冲者将期货合约持有至交割月，实际交割也并不常常发生。如我们在后面讨论的那样，持有期货长头寸的对冲者通常在交割期之前对期货进行平仓以避免应对交割。

在上述两个例子中，我们假定期货合约与远期合约是等同的。但在实践中，每天的交割对对冲有一定的微小影响。如第2章所述，这意味着由期货合约带来的收益在对冲的期限内每天会逐步实现，而不是仅仅在到期时的最后时刻实现。

3.2 拥护及反对对冲的观点

支持对冲的观点显而易见，因此不再重述。大多数公司业务为制造业、零售业、批发业或服务业，这些公司没有预见利率、汇率和商品价格变化的能力。因此，对于这些公司而言，对冲市场变量所引起的风险很有意义，这样公司就可以集中精力发展自身的主营业务，而主营业务是这些公司擅长的。通过对冲，公司可以避免一些类似于现货价格等市场变量的大幅变动引发损失而

⊖ 见第5章关于便利收益的讨论。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

给人带来的不快。

在实践中，许多风险是未被对冲的。下面我们将指出造成这一现象的原因。

3.2.1 对冲与股东

有一种观点认为股东可以在其自身的意愿下，对自身面临的风险进行对冲，他们不需要公司为其进行对冲。但是，这一观点有其弊端。该观点的前提假设是股东与公司管理者对于公司所面临的风险有同样的信息，但在大多数情况下，事实并非如此。同时，这一观点也忽略了佣金及其他交易费用。对于大宗交易，对冲所带来的每单位的费用比小型交易的相应费用更低，因此公司进行对冲比个人对冲更为划算。事实上，期货合约的规模使得个人小股东在许多情形难以利用期货产品来对冲风险。

个人股东比企业更容易分散风险。一个持有分散较好的投资组合的股东可能会免于承受企业所面临的许多风险。例如，一个进行多样化投资的股东可能拥有铜生产公司及铜消费公司两家公司的股票，这样他对铜的价格就没有太多的风险暴露。如果公司是代表进行多样化投资的股东的利益，那么在许多情形下，对冲就没有必要。在实践中，管理者在多大程度上受这种观点的影响仍值得商榷。

3.2.2 对冲与竞争者

在某些行业，如果对冲行为并不十分常见，某家公司在大多数公司不对冲时，采用对冲也许不会给其带来好处。原材料价格、利率及汇率变化会迫使企业调整产品价格及服务费的数量以应对行业的竞争压力，因此，企业选择不对冲风险可以大致期望利润率保持恒定，而一家选择对冲风险的企业的利润率可能会有很大的浮动。

为了说明这一点，让我们考虑两家金店珠宝商，SafeandSure（保守）珠宝商和 TakeaChance（激进）珠宝商。我们假定在珠宝行业中大多数人不采用对冲措施，TakeaChance 就是其中一员，但是 SafeandSure 采用与大多数人不同的政策，也就是说 SafeandSure 决定采用对冲政策，并且采用的是期货合约来锁定在将来 18 个月的黄金价格。当黄金价格上涨时，经济环境会造成整个珠宝业价格上涨，这样一来，TakeaChance 的利润率基本不受影响。与此相反，考虑了对冲效应以后，SafeandSure 公司的利润率会随着黄金价格的提高而有所提高；而当黄金价格降低时，经济环境的压力造成珠宝业的价格下跌，因此 TakeaChance 公司的利润率仍不会受到太大影响，而 SafeandSure 公司利润率会有所下降。在某些极端的条件下，考虑到对冲费用，SafeandSure 的利润率可能会出现负值。在表 3-1 中，我们对此例进行了总结。

表 3-1 在同业竞争者不对冲时采用对冲策略的危险

黄金价格的变化	对黄金珠宝价格的影响	对 TakeaChance 利润的影响	对 SafeandSure 利润的影响
涨价	涨价	没有影响	增加
跌价	跌价	没有影响	减少

这一例子强调，选择对冲策略一定要从全局出发，设计对冲政策一定要考虑各种因素对企业盈利的整体影响。

3.2.3 对冲可能会带来不良结果

我们应该特别意识到一个现实问题：与不采用对冲相比，采用对冲既可以增加盈利也可以减少盈利。在例 3-1 中，当石油价格下跌时，公司在石油销售中会有损失，但在对冲交易中会得到正收益，公司资金部门主管也因为有这样的业务远见而受到称赞。很显然，与不采用对冲相比，

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

采用对冲给公司带来了更好的收益，公司的其他主管也会(希望如此)赞赏资金部的工作。当石油价格上升时，公司在销售中会盈利，而对冲交易却带来损失，此时对冲比不对冲更糟。即使对冲在最初被认为是一个明智的决策，此时资金部仍然难以给出当初为什么会采取对冲决策的理由。假定如例3-1中显示，8月15日石油价格为69美元，公司在期货交易中的损失为每桶10美元。以下是我们想象的资金部主管同公司总裁的对话：

总裁：真是太糟了，我们在过去3个月因为期货损失了1 000万美元！究竟是怎么回事？我需要一个全面的解释。

资金部主管：进入期货交易是为了对冲石油价格变化带给我们的风险。对冲交易目的不是为了盈利。请不要忘记在石油价格上涨时，我们在销售中盈利1 000万美元。

总裁：这同我们的损失有什么关系？这就如同是在说我们因纽约的销售好，而不去担忧在加州的销售业绩。

资金部主管：那么如果石油价格下跌呢？

总裁：我不关心石油价格下跌会怎样，事实上，石油的价格上涨了。我真的不知道你原来在期货市场是这样胡闹。公司股东原本认为我们在这一季度表现会出色，我如何向股东解释因为你的行为而造成的1 000万美元的损失呢？恐怕今年你拿不到分红了。

资金部主管：这不公平，我这样做是因为……

总裁：不公平！你不被解雇就已经很幸运了，你毕竟造成了1 000万美元的损失。

资金部主管：这取决于你怎么看……

这一实例说明，为什么有时公司资金部主管不太情愿进行对冲，对冲策略虽然可以缓解公司所面临的风险，但如果别人不理解对冲的内在意义，这一策略可能增加资金部主管本人所面临的职业风险，解决这一问题的唯一方法就是在实施对冲策略之前一定要让公司的所有高级主管理解对冲的内在含义。理想的做法是由公司董事会制定对冲政策，并与公司管理层及股东进行充分的沟通(业界实例3-1介绍了金矿企业的对冲决策)。

业界实例 3-1 金矿企业的对冲决策

金矿企业担心黄金价格会变化而采用对冲决策，这看来非常自然。通常金矿企业要花几年时间来提取矿井中的黄金。当金矿企业准备开发某座金矿时，企业自然就会对黄金价格有很大的风险暴露，如果随后金价猛跌，起初看来会盈利的金矿事实上会亏损。

金矿企业会很谨慎地向股东解释其采用的对冲决策，而有些金矿企业不采用对冲来回避风险，这些公司是想吸引那些想在黄金价格上涨中盈利，同时又能接受在黄金价格下跌时承受损失的投资者。而有些金矿企业采用对冲来回避风险，这些公司对今后几年的黄金月产量有一个大致的估计，然后根据估计来卖空期货或远期合约以锁定卖出黄金的价格。

假设你代表高盛公司，你同某金矿企业签署了一份远期合约，合约约定你要以某一指定价格买入一批巨额黄金，此时你将如何对冲自己的风险呢？对这一问题的答案是：你会在中央银行借入黄金，然后将黄金在现市上变卖(许多国家的中央银行都储有大量的黄金)。在远期合约满期时，你从金矿企业那里买入黄金以偿还从中央银行借入的黄金。中央银行借出黄金会收一定的手续费(可能是每年1.5%)，这一手续费利率被称为黄金租赁利率。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

3.3 基差风险

到目前为止，我们所考虑的对冲实例接近完美，但这几乎不太可能。在这些完美实例中，对冲者可以确定将来买入资产的准确时间，对冲者也可以用期货合约来消除几乎所有的在相应时间由于资产价格变动而带来的风险。在实践中，对冲常常没这么容易。部分原因如下：

- 需要被对冲的资产与期货合约的标的资产可能并不完全一致；
- 对冲者可能并不确定资产买入及卖出的时间；
- 对冲者可能需要在期货到期月之前将期货进行平仓。

这些问题就带来了所谓的**基差风险**(basis risk)，接下来我们将解释这一概念。

3.3.1 基差

在对冲的意义下，**基差**(basis)的定义如下：[⊖]

基差 = 被对冲资产的现货价格 − 用于对冲的期货合约的价格

如果被对冲的资产与期货合约的标的资产等同，在期货到期时，基差为 0。在到期日之前，基差或者为正或者为负。对于期限很短的合约，现货价格应非常接近于期货价格。如表 2-2 和图 2-2 所示，我们看到，在 2009 年 8 月 4 日，原油的基差为负值，大豆基差为正值。

随着时间的流逝，现货价格和某个月的期货价格的变化量可能不同，所以基差就会变化。当现货价格增长大于期货价格增长时，基差会变大，这被称为**基差增强**(strengthening of the basis)；当期货价格增长大于现货价格增长时，基差会变小，这被称为**基差减弱**(weakening of the basis)。图 3-1 说明在期货到期之前，当基差为正时，基差随时间变化的形式。

为了检验基差风险的性质，我们将使用以下符号：

S_1 ——在 t_1 时刻的现货价格；

S_2 ——在 t_2 时刻的现货价格；

F_1 ——在 t_1 时刻的期货价格；

F_2 ——在 t_2 时刻的期货价格；

b_1 ——在 t_1 时刻的基差；

b_2 ——在 t_2 时刻的基差。

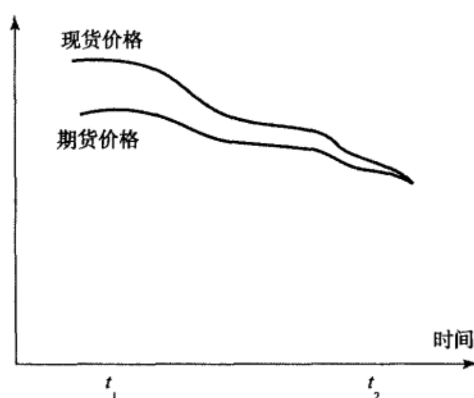


图 3-1 基差随时间的变化

假定对冲在 t_1 时刻设定，并在 t_2 时刻平仓。例如，我们假定现货和期货在对冲刚刚设定时的价格分别为 2.50 美元和 2.20 美元，而在对冲平仓时的价格分别为 2 美元和 1.90 美元。这意味着 $S_1 = 2.50$，$F_1 = 2.20$，$S_2 = 2.00$ 及 $F_2 = 1.9$。由基差定义

$$b_1 = S_1 - F_1 \quad 和 \quad b_2 = S_2 - F_2$$

得出 $b_1 = 0.30$ 及 $b_2 = 0.10$。

首先考虑第 1 种情形，对冲者已知资产将在 t_2 时刻卖出，并且在 t_1 时刻持有期货短头寸。资产实现的价格为 S_2，期货的盈利为 $F_1 - F_2$。由这种对冲策略得到的实际价格为

$$S_2 + F_1 - F_2 = F_1 + b_2$$

在这一例子中，上式等于 2.30 美元。在 t_1 时刻 F_1 的价格为已知。如果此时 b_2 也已知，由此

⊖ 这是通常意义下的定义。当期货是金融资产时，另一种定义有时也被采用，即基差 = 期货价格 − 现货价格。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

可以构造完美对冲。对冲风险与 b_2 有关，该风险被称为基差风险。考虑另外一种情形，公司知道自己在 t_2 时刻将购买资产，并在 t_1 时刻进入了长头寸对冲。买入资产支付价格为 S_2，对冲的损失为 F_1-F_2。对冲资产所支付的实际价格为

$$S_2+F_1-F_2=F_1+b_2$$

这与前面的表达式一样，本例中上式等于 2.30 美元。在 t_1 时刻 F_1 的价格已知，b_2 项代表了基差风险。

注意，基差风险可以使得对冲者的头寸得以改善或者恶化。考虑一个短头寸对冲，如果基差意想不到地增强(即基差变大)，对冲者的头寸会有所改善；如果基差意想不到地变弱(即基差变小)，对冲者的头寸就会恶化。对于一个长头寸对冲，相反的结论成立，即如果基差意想不到地增强，对冲者的头寸就会恶化；如果基差意想不到地变弱，对冲者的头寸就有所改善。

有时对冲者面临风险的资产不同于用于对冲的合约标的资产，这时基差风险会更大。定义 S_2^* 为在 t_2 时刻期货合约标的资产的价格。同上，S_2 是在 t_2 时刻被对冲资产的价格。通过对冲，公司确保买入资产时支付的(或卖出资产时收到的)价格为

$$S_2+F_1-F_2$$

上式可变形为

$$F_1+(S_2^*-F_2)+(S_2-S_2^*)$$

$S_2^*-F_2$ 和 $S_2-S_2^*$ 分别代表基差的两个组成部分。当被对冲的资产与期货合约中的资产一致时，相应的基差为 $S_2^*-F_2$；而当两种资产不同时，$S_2-S_2^*$ 是由两种资产差异带来的额外基差。

3.3.2 合约的选择

影响基差风险的一个关键因素是对冲时所选用的期货合约，选择期货合约应考虑两个因素：

- 选择期货合约的标的资产；
- 选择交割的月份；

如果被对冲的资产刚好与期货的标的资产吻合，通常这里的第 1 个选择就非常容易。在其他情形下，对冲者必须仔细分析才能确定哪一个是可行的期货合约，选择对冲的标准是使得期货价格与被对冲资产价格的相关性达到最高。

交割月份的选择与几个因素有关。在本章以上的例子中，当我们假定对冲的到期日与期货交割月份一致时，就应直接选择该交割月份的期货合约。事实上，在这些情形下，对冲者通常会选择一个随后月份交割的期货合约。这是由于在某些情况下，在交割月份中，期货价格不太稳定。同时，长头寸对冲者在交割月份持有合约会面临不得不接受资产交割带来的风险，资产交割会带来成本并造成不便(持有长头寸的对冲者通常倾向于平仓，然后从其原有的供应商那里购买标的资产)。

从整体上看，当对冲的到期日与期货交割月份之间的差距增大时，基差风险也会随之增大。一种好的经验做法是尽量选择与对冲的到期日接近，但仍长于对冲到期日的交割月份。假定某一资产期货的到期月分别为 3 月、6 月、9 月及 12 月。对于在 12 月、1 月、2 月到期的对冲，应选择 3 月份的合约；对于在 3 月、4 月、5 月到期的对冲，应选择 6 月份的合约，等等。这一经验做法假定满足对冲需求的所有合约均有足够高的流动性。在实践中，短期限的期货合约往往有最高的流动性，因此在某些情形下，对冲者会倾向于采用短期合约并且不断将合约向前展期。在本章以后的内容中，我们将讨论这一策略。

3.3.3 举例

例 3-3 阐述了前文所述的观点。假定今天为 3 月 1 日，一家美国公司预期在 7 月底收入 5 000

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

万日元。芝加哥商品交易所日元期货的交割月份为3月、6月、9月及12月。每一份合约对应的金额为1 250万日元。根据以上提出的规则，我们应该选择9月份的期货合约进行对冲。

【例3-3】 短头寸对冲的基差风险

假定今天为3月1日。一家美国公司预期在7月底收入5 000万日元。9月日元期货的当前价格为每日元0.780 0美分。对冲策略如下：

- 在3月1日以0.7800的价格卖出4份9月份到期的日元期货；
- 在7月底将期货合约进行平仓。

可能出现的一种情形为

- 在7月底即期汇率为0.720 0；
- 在7月底9月份期货价格为0.725 0；
- 在7月底基差等于-0.005 0。

有两种方法可用于计算对冲后的净汇率：

- 7月份现货价格+期货收益=0.72+0.055=0.775 0
- 3月份的期货价格+7月份基差=0.78-0.005 0=0.775 0

公司在3月1日进入了4份9月份日元期货的短头寸。在7月底收到日元时，公司将其头寸进行平仓。基差风险来自于期货价格与现货价格之差的不确定性。我们假定3月1日的期货价格为0.7800美分/日元，并且在合约平仓时现货和期货的价格分别为0.720 0和0.725 0，这时基差为-0.005 0，期货的收益为0.055 0。实际获得的每日元所对应的美分价格等于现货价格加上期货收益，即

$$0.720\,0+0.055=0.775$$

上式也可写为初始期货价格加上基差，即

$$0.780\,0+(-0.005)=0.775$$

公司收入为5 000(万日元)×0.007 75=387 500美元。

例3-4考虑长头寸对冲。假定今天是6月8日，一家公司已知在10月或11月某一天需要买入20 000桶石油。纽约商品交易所(NYMEX)交易的原油期货合约在每个月都有交割，每份合约的规模为1 000桶石油。采用以上阐明的规则，公司采用12月份的期货进行对冲。在6月8日，公司买入了20份12月份的期货合约。这时，期货价格为每桶68美元。公司在11月10日买入石油，因此在这一天将期货进行平仓。基差风险来自于期货合约平仓时基差的不定性。假定在11月10日，现货和远期的价格分别为每桶75美元和每桶72美元。因此，基差等于3美元，实际支付价格为每桶71美元，该公司支付的总额为1 420 000美元。

【例3-4】 长头寸对冲的基差风险

假定今天为6月8日，一家公司得知在10月份或11月份的某个时刻要买入20 000桶石油。12月份期货的当前价格为每桶68美元。对冲策略如下：

- 在6月8日以68美元的价格买入20份12月份的石油期货；
- 在买入石油后对期货交易进行平仓。

一种可能出现的情形是

- 公司在11月10日买入石油；
- 11月10日石油现货价格为75美元；
- 11月10日12月份的期货价格为72美元；
- 11月10日基差为3美元。

对冲后，两种方法可用于计算净费用：

- 11月10日的现货价格+期货收益=75-4=71美元；
- 6月8日期货价格+11月10日的基差=68+3=71美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

3.4 交叉对冲

在例3-1至例3-4中，期货的标的资产等同于被对冲资产。**交叉对冲**(cross hedging)是对应于以上标的资产及对冲资产不同的情形。例如，某航空公司对飞机燃料油的未来价格有些担心，但是交易所没有关于飞机燃料油的期货，该公司可以采用加热油期货合约来对冲风险。

对冲比率(hedge ratio)是指持有期货合约的头寸与资产风险暴露数量的比率。当期货的标的资产与被对冲资产等同时，应选取的对冲比率当然为1.0。在以上所有实例中，我们采用的对冲比率一直为1.0。在例3-4中，对冲者的头寸为20 000桶石油，进入期货所对应的资产交割数量刚好与以上头寸相等。

当进行交叉对冲时，对冲比率为1.0并不一定最优。对冲者采用的对冲比率应使得被对冲后头寸价格变化的方差达到极小，我们现在考虑对冲者将如何做到这一点。

3.4.1 最小方差对冲比率的计算

最小方差对冲比率取决于现货价格变化与期货价格变化之间的关系，我们采用以下符号：

ΔS ——在对冲期限内，现货价格 S 的变化；

ΔF ——在对冲期限内，期货价格 F 的变化；

σ_S ——ΔS 的标准差；

σ_F ——ΔF 的标准差；

ρ ——ΔS 与 ΔF 的相关系数；

h^* ——使得对冲者的头寸变化的方差达到极小的对冲比率。

可以证明，最佳对冲 h^* 是 ΔS 以 ΔF 进行回归时所产生的最优拟合直线(best-fit line)的斜率(这在图3-2中有所显示)。直觉上看，以上结果非常合理，因为对冲的目标就是要求 h^* 和 S 的变化量(ΔS)与 F 的变化量(ΔF)的比率相符。

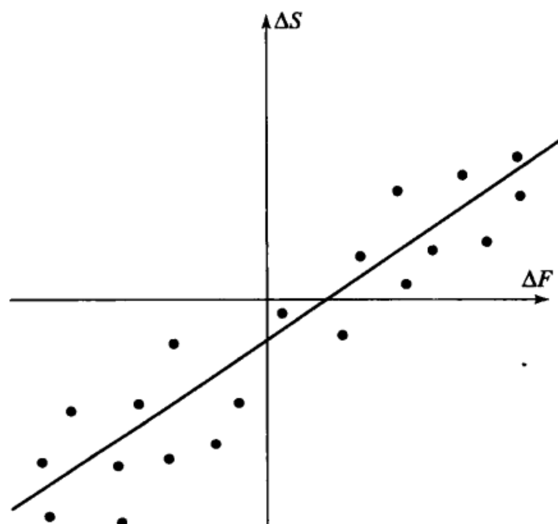


图3-2 现货价格变化与期货价格变化的回归关系

在本章附录中，我们回顾了一些关键的统计概念，比如方差、相关系数以及线性回归。同时，我们将证明计算图3-2中最优拟合斜率的关系式

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$h^* = \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F} \tag{3-1}$$

式(3-1)表示，最佳对冲比率等于 ΔS 与 ΔF 的相关系数乘以 ΔS 的标准差与 ΔF 的标准差之间的比率。图 3-3 说明了对冲者头寸价值变化的方差与对冲比率之间的关系。

如果 $\rho = 1$ 且 $\sigma_F = \sigma_S$，最佳对冲比率 h^* 则为1.0，因为此时期货价格正等于现货价格，这一结果正是我们所预期的；如果 $\rho = 1$ 且 $\sigma_F = 2\sigma_S$，最佳对冲比率 h^* 则为0.5，因为此时期货价格变化幅度是现货价格变化幅度的2倍，因此这一结果也正是我们所预期的。**对冲效率**(hedge effectiveness)可以被定义为对冲所消除的方差量占总体方差的比率，对冲效率也等于 ΔS 以 ΔF 进行回归的 R^2 系数，等于 ρ^2。

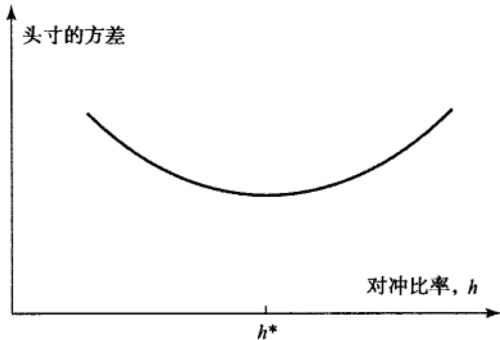


图 3-3 现货价格变化与期货价格变化之间的回归曲线

式(3-1)中的参数 ρ、σ_F 及 σ_S 通常由 ΔS 和 ΔF 的历史数据得出(其隐含假设为，在某种意义上，未来会重复历史)，在计算中要选择一定数量的等时段但不重叠区间，然后在每个区间上观测 ΔS 和 ΔF，理想的做法是等时区间选定与对冲的期限相同。在实践中，这一做法有时会大大限制可得的观察值的数量，因此从业人员一般会选用较小的时间段。

例 3-5 显示了一家航空公司如何对飞机燃料油的价格风险进行对冲。

【例 3-5】 计算最佳对冲比率

某航空公司预计在今后一个月需要购买200万加仑飞机燃料油，并决定用加热油来进行对冲。我们假定表 3-2 给出了 15 个连续月份的飞机燃料油价格变化 ΔS，以及相应月份的加热油期货价格的变化 ΔF。

为了估计最小方差对冲比率，我们用 EXCEL 中的 STDEV 和 CORREL 两个函数得到期货的标准差 $\sigma_F = 0.031\,3$，燃料油的标准差 $\sigma_S = 0.026\,3$，以及相关系数 $\rho = 0.928$，根据式(3-1)

$$h^* = 0.928 \times \frac{0.026\,3}{0.031\,3} = 0.778$$

另一个方法是用 EXCEL 中的 SLOPE 函数直接得到结果。

以上结果表明，航空公司应根据其风险暴露的77.8%确定加热油期货数量，对冲效率为 $0.928^2 = 0.862$。

表 3-2 当采用加热油来对冲飞机燃料油时，决定最佳对冲比率的数据

月份	每加仑加热油期货价格变化	每加仑飞机燃料油价格变化	月份	每加仑加热油期货价格变化	每加仑飞机燃料油价格变化
1	0.021	0.029	9	0.048	0.043
2	0.035	0.020	10	-0.006	0.011
3	-0.046	-0.044	11	-0.036	-0.036
4	0.001	0.008	12	-0.011	-0.018
5	0.044	0.026	13	0.019	0.009
6	-0.029	-0.019	14	-0.027	-0.032
7	-0.026	-0.010	15	0.029	0.023
8	-0.029	-0.007			

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

3.4.2 最优合约数量

为了计算对冲所采用的合约数量，定义：

Q_A ——被对冲头寸的大小（单位数量）；

Q_F ——合约的规模（单位数量）；

N^* ——用于对冲的最优期货合约数量。

由式(3-1)得出，应采用的期货合约的面值为 $h^* Q_A$ ，因此应采用的期货数量为

$$N^* = \frac{h^* Q_A}{Q_F} \tag{3-2}$$

在例3-5 中，最佳对冲比率为 h^* 为0.778。NYMEX 的每一份加热油期货合约的规模为42 000加仑加热油。由式(3-2)得出，最佳期货合约数量为

$$\frac{0.778 \times 2\ 000\ 000}{42\ 000} = 37.03$$

近似到整数，我们得出需要的期货合约数量为 37 份。

3.4.3 尾随对冲

当采用期货进行对冲时，对于每天的交割可以做出一个微小调整，这一调整方式被称为**尾随对冲**(tailing the hedge)。在实践中，这意味着式(3-2)变形为

$$N^* = \frac{h^* V_A}{V_F} \tag{3-3}$$

其中，V_A 是被对冲头寸的实际货币价值，V_F 是期货合约的货币价值（期货价格乘以 Q_F ）。假定在例3-5 中，期货价格和现货价格分别为1.99 美元和1.94 美元，则

$$V_A = 2\ 000\ 000 \times 1.94 = 38\ 800\ 000\ ;\ V_F = 42\ 000 \times 1.99 = 83\ 580$$

因此，最佳对冲期货数量为

$$\frac{0.778 \times 3\ 880\ 000}{83\ 550} = 36.11$$

近似到整数，最佳数量为36 而不是37。尾随对冲的实际效果是将式(3-2)中的对冲比率与现货价格与期货价格的比率相乘。理论上，对冲期货头寸应随着 V_A 和 V_F 的变化得以调整，但实际结果并没有太大差异。

如果我们讨论的是针对远期合约而不是期货合约，价格不需要每日进行结算，也就是说对远期合约而言，我们应采用式(3-2)。

3.5 股指期货

接下来考虑股指期货以及如何将其用于对冲及管理股权价格的风险暴露。

股指(stock index)反映了一个假想的股票组合的价值变化，某只股票在这一组合中的权重等于股票组合投资于该股票的比例。在一个很短的时间段，股指上升的百分比被设定为该假想组合价值变化的百分比。在计算中通常不包括股息，因此股指用于跟踪投资这一组合的资本的盈亏(capital gain/loss)[⊖]。

⊖ 这里的一个例外是整体收益指数(total return index)。在计算整体收益指数收益时，假定股息也会被重新投资于组合之中。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

如果假想股票投资组合保持不变，那么组合中单只股票的权重就不会一定是固定值。如果组合中某一股票的价格比其他股票的涨幅要大得多，那么该股票的权重就会自动增大。有些指数的构造方式是在一定数量股票中分别抽取单位数量的股票构成，其权重对应于股票的市场价格，当某股票拆股时，其系数也要进行调整。有些股指的构造使得权重与市场资本总价值(股票价格×发行的数量)成正比，这时股票组合会对股票的拆股、股息及新股发行自动进行调整。

3.5.1 股指

表 3-3 显示了2009 年 8 月 5 日在《华尔街日报》上刊登的对于一系列不同股指的期货合约的价格，这些价格是2009 年 8 月 4 日的收盘价。

表 3-3 2009 年 8 月 5 日《华尔街日报》刊登的关于不同股指期货合约的报价

Index Futures

DJ Industrial Average (CBT)-$10 x index						
Sept	9247	9290 ▲	9184	**9287**	39	11,450
Dec	9155	9155 ▲	9155	**9228**	39	661
Mini DJ Industrial Average (CBT)-$5 x index						
Sept	9285	9291	9280	**9287**	39	65,071
Dec	9221	9227	9221	**9228**	39	549
S&P 500 Index (CME)-$250 x index						
Sept	1000.50	1005.00	992.00	**1004.70**	4.00	376,586
Mini S&P 500 (CME)-$50 x index						
Sept	1000.25	1005.00	992.00	**1000.75**	4.00	2,511,073
Dec	995.50	1000.50	988.00	**1000.25**	4.00	27,343
Nasdaq 100 (CME)-$100 x index						
Sept	1627.50	1633.00	1613.00	**1630.25**	3.50	18,745
Mini Nasdaq 100 (CME)-$20 x index						
Sept	1625.5	1632.5 ▲	1612.8	**1630.3**	3.5	316,218
Dec	1623.8	1631.0 ▲	1611.3	**1628.0**	3.5	2,987
Mini Russell 2000 (ICE-US)-$100 x index						
Sept	563.80	571.80 ▲	557.60	**570.70**	7.70	366,490
Dec	559.20	568.20 ▲	559.20	**568.30**	7.60	2,511
Mini Russell 1000 (ICE-US)-$100 x index						
Sept	544.80	549.25 ▲	543.80	**550.25**	2.35	26,400
U.S. Dollar Index (ICE-US)-$1,000 x index						
Sept	77.71	77.92 ▼	77.56	**77.88**	.13	25,199
Dec	77.95	78.15	77.95	**78.19**	.12	2,164

注：各列显示月份、开盘价、最高价、最低价、结算值、变化量和未平仓数量。

资料来源：Reprinted by permission of Dow Jones，Inc.，via Copyright Clearance Center，Inc.，©2009 Dow Jones & Company，Inc. All Rights Reserved Worldwide.

道琼斯工业平均指数是基于一个由美国 30 只蓝筹股所组成的股票组合，其权重对应于股票价格。在芝加哥交易所交易关于这一指数的两种合约，一种是关于 10 倍的指数值，另一种是关于5 倍的指数值。

标准普尔 500 股票指数是基于一个包括 500 种股票的组合，这 500 种股票的构成为：400 种工业股、40 种公共事业股、20 种交通股及 40 种金融股。在任意时刻，股票的权重与该股票的总市值成正比。这些股票主要在纽约交易所或者纳斯达克交易。在芝加哥交易所有两种关于标准普尔 500 的期货合约，一种是关于 250 倍的指数；另一种是关于 50 倍的指数。

纳斯达克 100 指数由美国全国债券交易自动报价服务联合会所提供的 100 种股票所组成。芝加哥交易所交易两种合约，一种是关于 100 倍的指数；另一种是关于 20 倍的指数。

罗素 1000 指数是由美国最大的 1 000 家公司股票所构成的指数。罗素 2000 指数是由美国最小的 2 000 家上市公司股票所构成的指数。美元指数是外汇价值的加权(trade-weighted)指数，其组成货币为 6 种外汇(欧元、日元、英镑、加元、瑞典克朗、及瑞士法郎)。

如第 2 章所述，股指期货合约采用现金交割，而不是实际交割标的资产。在最后一个交易日，所有合约必须以最后一天交易日的开盘价或收盘价作为**市场定价**(marked to market)，然后头寸会被平仓。例如，对于标准普尔 500 期货的平仓是基于标准普尔 500 在交割月的第 3 个星期五的开盘价来进行的。

3.5.2 股权组合的对冲

股指期货可用于对冲分散较好的组合。定义：

V_A ——组合的当前价格；

V_F ——期货的当期价格(期货价格乘以期货的规模)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

如果组合是为了模拟股票指数，采用对冲比率1.0显然合理，式(3-3)显示需要卖出的期货数量为

$$N^* = \frac{V_A}{V_F} \tag{3-4}$$

例如，某股票组合是为了模拟S&P 500，其价值为505万美元。股指的当前价格为1 010，每一份期货是关于250倍的股指价格，这时，$V_A = 5\,050\,000$，$V_F = 1\,010 \times 250 = 252\,500$。因此，对冲者应该持有20份期货短头寸来对冲该股票组合。

当交易组合不完全反映股指收益时，可以采用资本资产定价模型中的β值来确定持有期货的短头寸数量。如本章附录介绍的，β是将股票在无风险利率之上的收益与市场在无风险利率之上的收益进行回归所产生的最佳拟合直线的斜率。当$\beta=1$时，组合收益往往反映了指数收益；当$\beta=2$时，组合收益等于指数收益的2倍；当$\beta=0.5$时，组合收益等于指数收益的一半；等等。

一个β值等于2.0的组合对指数的敏感度是一个β值等于1.0的组合对于市场敏感度的2倍。因此，为了对冲这一组合(即$\beta=2.0$的组合)，我们需要2倍数量的合约；类似地，一个β值等于0.5的组合对指数的敏感度是一个β值等于1.0的组合对于指数敏感度的一半，因此我们只需要一半数量的合约来对冲风险。通常而言，我们需要对β等于1.0组合所得出的式(3-4)进行以下调节

$$N^* = \beta\frac{V_A}{V_F} \tag{3-5}$$

这一公式假定期货合约的到期日与对冲期限的到期日较为接近。

比较式(3-5)和式(3-3)，可以推出$h^* = \beta$，这并不意外，对冲比率h^*是组合变化与股指期货变化之间的最优线性回归的斜率，β是组合变化与股指变化之间最优线性回归的斜率，以上两个斜率十分接近。

我们通过式(3-5)来说明这些公式的含义。考虑以下情形，4个月期限的期货合约被用来对冲组合在今后3个月的价值，其中

- S&P 500股指价格 = 1 000；
- S&P 500股指期货价格 = 1 010；
- 组合价值 = 5 050 000美元；
- 无风险利率：年率4%；
- 股指收益率：年率1%；
- 组合的$\beta = 1.5$。

某期货合约是关于250倍的股指价格，因此$V_F = 250 \times 1\,010 = 252\,500$。由式(3-5)得出，为了对冲组合，需要卖出的期货数量为

$$1.5 \times \frac{5\,050\,000}{252\,500} = 30$$

假定股指价格在3个月后为900，期货价格为902。卖出期货的收益为

$$30 \times (1\,010 - 902) \times 250 = 810\,000$$

股指的损失为10%。股指每年付出1%的收益率，因此3个月的收益率为0.25%。将股息考虑在内，股指投资者在3个月的收益为-9.75%。根据附录3A，由资本资产定价模型得出：

组合的期望收益 = 无风险利率 + 1.5×(股指收益 - 无风险利率)

3个月期的无风险利率大约为1%，因此，组合在3个月的期望收益(%)为

$$1.0 + [1.5 \times (-9.75 - 1.0)] = -15.125$$

因此组合3个月的期望价值(包括股息)为

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$5\ 050\ 000 \times (1-0.151\ 25) = 4\ 286\ 187 \text{ 美元}$$

考虑对冲收益后，对冲者头寸的期望值为

$$4\ 286\ 187 + 810\ 000 = 5\ 096\ 187 \text{ 美元}$$

表 3-4 对于股指在到期时其他可能出现的数值进行了类似的计算，可以看出，在 3 个月后，对冲者的头寸几乎与股指价格无关。

本章没有讨论期货价格与现货价格的关系。通过第 5 章的内容，我们可以看出期货当前价格 1 010 与我们假设的利率和股息率一致，这一结论对表 3-4 中的期货价格也适用[⊖]。

表 3-4　股指对冲的表现

股指在 3 个月时的价值	900	950	1 000	1 050	1 100
股指期货当前的价值	1 010	1 010	1 010	1 010	1 010
3 个月后股指期货的价值	902	952	1 003	1 053	1 103
期货收益(美元计)	810 000	435 000	52 500	−322 500	−697 500
市场回报	−9.750%	−4.75%	0.25%	5.25%	10.25%
组合预期回报	−15.125%	−7.625%	−0.125%	7.375%	14.875%
将股息考虑在内，组合在 3 个月时的预期值	4 286 187	4 664 937	5 043 687	5 422 437	5 801 187
3 个月时的头寸总价值(美元计)	5 096 187	5 099 937	5 096 187	5 099 937	5 103 687

3.5.3　对冲股权组合的原因

表 3-4 显示对冲策略使得对冲者在 3 个月后的头寸价值大约比在对冲开始时的头寸价值高 1%。这一结果并不奇怪，因为无风险利率每年为 4%，每 3 个月为 1%。对冲使得对冲者的组合头寸按无风险利率增长。

我们自然要问，为什么要采用期货合约来对冲呢？为了取得无风险利率的收益，对冲者只需变卖资产，并将取得的资金投放于类似短期国债之类的无风险产品即可。

其中一个原因是：如果对冲者感觉股票组合中的股票选取的很好，就可以对对冲进行调整。这时，对冲者对市场的整体风险并不确定，但他确信组合中的股票收益会高于市场的收益（对于组合 β 值进行调整之后）。对冲者可以采用期货来消除因市场变动而引发的风险，并且仅仅将股票组合收益相对市场收益暴露出来。另外一个原因是，对冲者计划在一个较长时间内持有股票组合，但需要在一个较短时间内对市场的不确定性进行保护，将资产变卖并在将来买回的做法可能会带来无法承受的交易成本。

3.5.4　改变组合的 β 值

在表 3-4 所示的例子中，对冲者的 β 值被减至 0，有时期货合约会被用来调整组合的 β，而不是将 β 值减至 0。继续以上的实例

- S&P 500 股指 = 1 000；
- S&P 500 期货价格 = 1 010；
- 组合的价值 = 5 050 000 美元；
- 组合的 β = 1.5。

同上，V_F = 252 500，进行完美对冲所需合约数量为

[⊖] 表 3-4 的计算假定股指的收益率可以被预测，无风险利率为常数，股指在 3 个月时的收益与组合收益具有完美的相关性。在实践中，这些假设并不完全成立，对冲效果并不像表 3-4 描述的那样完美。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$1.5 \times \frac{5\ 050\ 000}{252\ 500} = 30$$

即需要卖出30份合约。为了将组合的β从1.5转变为0.75，所需要的合约数量为15份，而不是30份；当组合的β由1.5转变为2.0时，要持有10份期权的长头寸，等等。通常来讲，当组合的Beta从β变为β^*，其中$\beta > \beta^*$，卖出期货的数量为

$$(\beta - \beta^*)\frac{V_A}{V_F}$$

当$\beta < \beta^*$，买入期货的数量为

$$(\beta^* - \beta)\frac{V_A}{V_F}$$

3.5.5 锁定挑选股票的好处

假设你擅长挑选比市场表现好的单一股票，你拥有某只股票或一个小的股票组合。你不知道今后几个月内股票市场将如何表现，但你非常确认你持有的股票将比市场表现要好，这时你该如何做呢？

你卖出的期货的数量应等于$\beta V_A / V_F$，其中β是股票的Beta值，V_A为持有的股票价值，V_F为一个股指期货合约的价格。如果你的股票比一个分散组合好，同样β的组合表现要好，你这时会盈利。

考虑某投资者在4月份持有20 000股IBM股票，每股价格为100美元。投资者认为市场在接下来3个月会剧烈波动，但IBM仍有很大概率比市场表现要好。投资者想在今后3个月采用8月份的S&P 500期货合约来对冲其头寸，IBM的β值估计为1.1，8月份S&P 500期货的当前价格为900，每一份合约是250倍的股指价格，这时$V_A = 20\ 000 \times 100 = 2\ 000\ 000$，$V_F = 900 \times 250 = 225\ 000$，因此卖出股指期货数量为

$$1.1 \times \frac{2\ 000\ 000}{225\ 000} = 9.78$$

近似为整数，对冲者应卖出10份股指期货，并在7月份平仓。假定IBM股票在今后一个月降至90美元，S&P 500期货价格降至750，投资于IBM股票的损失为$20\ 000 \times (100 - 90) = 200\ 000$，期货收益为$10 \times 250 \times (900 - 750) = 375\ 000$美元。

在这一例子中，投资者的总收益为175 000美元，因为IBM并没有像$\beta = 1.1$的组合那样下跌。如果市场价格上升，IBM股票上升的幅度会大于$\beta = 1.1$的组合，这时投资者还是赚钱的（正如投资者预期的那样）。

3.6 向前滚动对冲

有时对冲期限比期货的到期日更长，对冲者必须对到期的期货进行平仓，同时再进入具有较晚期限的合约，对冲可以被向前滚动很多次。考虑某家公司，它希望运用期货的短头寸来减少在将来时刻T收到资产带来的风险。如果在市场上存在期货合约$1, 2, 3, \cdots, n$（并不一定所有期货在现在已经进行交易），其到期日一个比一个晚，公司可采用以下策略：

在t_1时刻：进入合约1的短头寸；

在t_2时刻：对合约1进行平仓，
　　进入合约2的短头寸；

在t_3时刻：对合约2进行平仓，
　　进入合约3的短头寸；

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

⋮

在 t_n 时刻：对合约 $n-1$ 进行平仓，
进入合约 n 的短头寸；

在 T 时刻：对合约 n 进行平仓。

假设在2010年4月，某公司计划在2011年6月卖出100 000桶石油，并决定采用1.0的对冲比率来对冲其风险(在本例中，我们不做3.4节所描述的尾随调节)。当前的现货价格为69美元。虽然每个月交割的合约都在进行交易并且最长的交割期限长达几年，但我们仍然认为只有最近6个月合约的流动性可以满足公司的要求，因此公司进入了100份2010年10月合约的短头寸。在2010年9月，它将对冲向前滚动到2011年3月。在2011年2月，它将对冲向前滚动到2011年7月。

表3-5显示了一种可能出现的结果。2010年10月合约的价格为68.20美元，平仓价格为67.40美元，因此盈利为每桶0.80美元；2011年3月合约的卖空价格为67.00美元，平仓价为66.50美元，因此盈利为每桶0.50美元；2011年7月合约的卖空价格为66.30美元，平仓价为65.90美元，因此盈利为每桶0.40美元。最终的现货价格为66美元。

表 3-5 滚动对冲实例的数据

日 期	2010年4月	2010年9月	2011年2月	2011年6月
2010年10月合约价格	68.20	67.40		
2011年3月合约价格		67.00	66.50	
2011年7月合约价格			66.30	65.90
现货价格	69.00			66.00

卖出期货所得收益为

$$(68.20-67.40)+(67.00-66.50)+(66.30-65.90)=1.70$$

即每桶1.70美元。石油价格从每桶69美元降至每桶66美元，每桶降价3美元，而由期货的补偿只有每桶1.70美元，这看来不太令人满意。但是，我们应看到，当期货价格低于现货价格时，我们不能期望在对冲中得到全部的补偿。假定2011年6月的期货交易活跃，这时最好的期望是将价格锁定在该期货的价格上。

期货每日都要进行结算，该特性可能会造成被对冲头寸现金流与对冲头寸的现金流不匹配。当采用滚动的形式对冲并且对冲期限很长时，这种不匹配可能会造成严重后果(见业界实例3-2)。

业界实例 3-2 德国金属公司对冲的失调

有时向前滚动对冲会造成现金流压力。在20世纪90年代初，这一问题在一家德国公司，即德国金属(Metallgesellschaft，MG)身上体现得淋漓尽致。

MG公司以高于市场价6~8分的固定的价格向其客户出售了大量的5~10年加热油及汽油合约。MG随后采用期限较短的期货合约的长头寸来对冲其风险暴露，在对冲过程中，短期合约被向前滚动。随后石油价格下跌，因持有期货，MG需要补充保证金，这给公司造成了短期现金流的压力。公司内主张这一对冲策略的成员认为，这些短期现金流可被长期固定价格合约的现金流抵消，然而公司高管及银行家对这笔巨额现金流十分担心，最后公司只好对所有对冲交易进行平仓，同时也力劝其客户协商放弃固定价格的合约。最终MG损失了13.3亿美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

小 结

在本章，我们讨论了公司采用期货来对冲资产价格风险的几种不同形式。如果资产价格上升公司会盈利，而当资产价格下跌公司将亏损时，期货的短头寸对冲较为适用；反之，如果资产价格下跌公司会有收益，而当资产价格上升公司将亏损时，期货的长头寸对冲较为适用。

对冲是减少风险的一种形式，因此应受多数高管的欢迎，但在实践中，有几个理论及实际的原因会使得公司不进行对冲。从理论上讲，我们可以指出，公司股东可持有一个分散好的组合，使得风险得以对冲。从实际的角度考虑，在同业竞争者不进行对冲时，选择对冲可能会减少也可能增大风险。还有，当公司从价格上涨中收益，但在对冲中遭受损失时，公司资金部主管可能会担心其他高管对这一情形进行批评。

在对冲时，一个重要概念是基差风险。基差定义为现货价格与期货价格的差。基差风险的产生是由于在对冲到期日基差的不确定性。

对冲比率是期货合约的头寸与资产风险头寸的比率，对冲比率为1.0并不一定最优。如果对冲者希望使得头寸的方差最小，对冲比率可能并不等于1.0。最佳对冲比率是以现货价格变化与期货价格变化进行回归后所取得的最佳拟合直线的斜率。

股指期货可用来对冲股权组合中的系统风险。合约的数目等于组合价值与合约价值的比率再乘以 Beta。股指期货也可以在不改变组合股票构成的前提下，改变其 Beta 系数。

当市场上不存在到期日比对冲期限更晚，并具有充分的流动性的期货合约时，我们可以采用一个向前滚动的策略来进行对冲。这一策略包括进入一系列的期货交易，当第 1 份期货接近到期日时，该合约会被平仓，对冲者进入第 2 份具有更晚到期日的合约；当第 2 份期货接近到期日时，该合约会被平仓，对冲者进入第 3 份具有更晚到期日的合约；依此类推。这样做可由一系列短期合约来生成一个长期期货合约。

推荐阅读

Allayannis, G., and J. Weston. "The Use of Foreign Currency Derivatives and Firm Market Value," *Review of Financial Studies*, 14, 1 (Spring 2001): 243–276.

Bodnar, G. M., G. S. Hayt, and R. C. Marston. "1998 Wharton Survey of Financial Risk Management by U.S. Non-Financial Firms," *Financial Management* 2, 4 (1998): 70–91.

Brown, G. W. "Managing Foreign Exchange Risk with Derivatives," *Journal of Financial Economics*, 60 (2001): 401–448.

Culp, C., and M. Miller. "Metallgesellschaft and the Economics of Synthetic Storage," *Journal of Applied Corporate Finance* 7, 4 (Winter 1995): 62–76.

Ederington, L. H. "The Hedging Performance of the New Futures Market," *Journal of Finance* 34 (March 1979): 157–170.

Edwards, F. R., and M. S. Canter. "The Collapse of Metallgesellschaft: Unhedgeable Risks, Poor Hedging Strategy, or Just Bad Luck?" *Journal of Applied Corporate Finance*, 8, 1 (Spring 1995): 86–105.

Geczy, C., B. A. Minton, and C. Schrand. "Why Firms Use Currency Derivatives," *Journal of Finance*, 52, 4 (1997): 1323–1354.

Graham, J. R., and C. W. Smith Jr. "Tax Incentives to Hedge," *Journal of Finance*, 54, 6 (1999): 2241–2262.

Haushalter, G. D. "Financing Policy, Basis Risk, and Corporate Hedging: Evidence from Oil and Gas Producers," *Journal of Finance*, 55, 1 (2000): 107–152.

Mello, A. S., and J. E. Parsons. "Hedging and Liquidity," *Review of Financial Studies*, 13 (Spring 2000): 127–153.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Neuberger, A. J. "Hedging Long-Term Exposures with Multiple Short-Term Futures Contracts," *Review of Financial Studies*, 12 (1999): 429–459.

Petersen, M. A., and S. R. Thiagarajan, "Risk Management and Hedging: With and Without Derivatives," *Financial Management*, 29, 4 (Winter 2000): 5–30.

Rendleman, R. "A Reconciliation of Potentially Conflicting Approaches to Hedging with Futures," *Advances in Futures and Options*, 6 (1993), 81–92.

Stulz, R. M. "Optimal Hedging Policies," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 19 (June 1984): 127–140.

Tufano, P. "Who Manages Risk? An Empirical Examination of Risk Management Practices in the Gold Mining Industry," *Journal of Finance*, 51, 4 (1996): 1097–1138.

Tufano, P. "The Determinants of Stock Price Exposure: Financial Engineering and the Gold Mining Industry," *Journal of Finance*, 53, 3 (1998): 1015–1052.

测验题

3.1 短头寸对冲和长头寸对冲分别在什么情况下采用。

3.2 采用期货合约来对冲会产生基差风险。这句话的含义是什么？

3.3 什么是完美对冲？完美对冲的后果一定比不完美对冲好吗？请解释你的答案。

3.4 在什么情况下使得对冲组合方差最小的对冲不会产生任何对冲效果。

3.5 列举资金部主管选择不对冲公司风险暴露的3个原因。

3.6 假定某商品价格每季度变化的标准差为0.65，关于该商品的期货价格每季度变化的标准差为0.81，两种价格变化的相关系数为0.8。那么一份3月期的合约的最佳对冲比率是多少？其含义是什么？

3.7 一家公司持有价值2 000万美元、Beta值为1.2的股票组合，该公司想采用S&P 500的期货来对冲风险。股指期货的当前价格为1 080，每一个期货是关于250倍的股指价格，什么样的对冲可以使风险极小化？公司如何做可以将组合的β值降至0.6？

练习题

3.8 芝加哥交易所玉米期货合约的交割月份包括3月、5月、7月、9月、12月。当对冲期限分别为6月、7月和1月时，对冲者应选用哪种合约来进行对冲？

3.9 完美对冲是否总能成功地将未来交易的价格锁定在当前的现货价格上？请解释你的答案。

3.10 请解释"短头寸对冲在基差意想不到地增强时，对冲效果会有所改善；当基差意想不到地变弱时，对冲效果会有所恶化"。

3.11 假设你是一位向美国出口电子设备的某日本公司的资金部主管，请讨论你将采用什么样的策略来对冲外汇风险，你将如何使用这一策略并获得其他高管认可。

3.12 假定在例3-4中，公司选择对冲比率为0.8。这一选择将如何影响对冲的实施及结果？

3.13 "如果使得对冲头寸变化达到极小的对冲比率为1.0，这一对冲一定是完美对冲。"这一说法正确吗？解释你的答案。

3.14 "如果没有基差风险，最佳对冲比率总为1.0。"这句话是否正确，为什么？

3.15 对于某资产，其期货价格通常低于现货价格，这时长头寸对冲会很吸引人。解释这一观点。

3.16 活牛市场价格的月变化标准差为每磅1.2美分，而活牛期货价格月变化的标准差为每磅1.4美分，这两个价格变化的相关系数为0.7。假设现在是10月15日，某牛肉商必须在11月15日买入200 000磅活牛，该牛肉商想采用12月到期的期货合约来对冲风险，每一份合约面值为40 000磅活牛，牛肉

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

商应该采用什么样的对冲决策?

3.17 某玉米农场的农场主有以下论点："我不采用期货来对冲我面临的风险，我面临的真正风险并不是玉米价格的变化，而是糟糕的气候可能使我颗粒无收。"请讨论这一观点，该农场主是否应对玉米预期产量有所估计然后采用对冲策略来锁定预期价格。

3.18 在7月1日，某投资者持有50 000股股票，股票价格为每股30美元，投资者有兴趣在今后一个月对其持有股票进行对冲，他决定采用9月份的小型标准普尔500指数期货合约(Mini S&P 500)，股指期货当前价格为1 500，一份合约是关于50倍的股指价格。β值为1.3。投资者应采取什么样的策略?

3.19 假定在表3-5中，公司决定采用对冲比率1.5，这一决定将会怎样影响对冲的实施及结果?

3.20 使用期货来对冲，请解释为什么按市场定价会产生现金流问题。

作业题

3.21 S&P 500的预期回报是12%，无风险利率为5%，以下投资的预期回报分别是多少:(a) $\beta = 0.2$；(b) $\beta = 0.5$；(c) $\beta = 1.4$

3.22 某公司希望通过汽油期货来对冲新燃料的价格变化风险，已知新燃料的价格变化与汽油期货的价格变化的相关性为0.6。在未来3个月，新燃料每加仑价格上涨1美分，该公司损失100万美元；新燃料价格变化的标准差为50%，比汽油期货价格的标准差大。如果用汽油期货来对冲，对冲比率是多少?公司的风险暴露以新燃料加仑计，又是多少?该公司应该建立什么样的汽油期货头寸(以加仑为单位)?需要交易多少汽油期货合约?

3.23 一位基金经理管理一个β为0.2的组合。在过去一年中，无风险利率为5%，股权收益非常糟糕，仅为-30%。该经理的回报是-10%，并声称在这种情况下，他管理的基金表现良好。请讨论他的结论。

3.24 假定现在是7月16日，某公司持有价值1亿美元的股票组合，该股票组合的β系数为1.2，该公司希望采用CME在12月份到期的S&P 500股指期货在7月16日至11月16日之间将β系数由1.2变为0.5。S&P 500股指当前价值为1 000，而每一份期货合约面值为250与股值的乘积。请回答：为达到目的，公司应做什么样的交易?假如公司改变初衷而将投资组合的系数由1.2增加到1.5，为达这一目的公司应做什么样的交易?

3.25 下表是关于某商品的现货及期货每月价格变化的数据，利用这些数据计算使方差最小化的对冲比率。

现货价格变化	+0.50	+0.61	-0.22	-0.35	+0.79
期货价格变化	+0.56	+0.63	-0.12	-0.44	+0.60
现货价格变化	+0.04	+0.15	+0.70	-0.51	-0.41
期货价格变化	-0.06	+0.01	+0.80	-0.56	-0.46

3.26 现在是2010年10月。某公司预计在2011年2月、2011年8月、2012年2月及2012年8月都要买入100万磅铜。公司决定采用CME交易所的期货合约来对冲风险。每份合约规模为25 000磅铜。对于每份合约，初始保证金为2 000美元，维持保证金为1 500美元。公司要对冲其80%的头寸。期限在13个月内的合约都有很好的流动性，这些合约可以满足公司的需求。设计一个适当的对冲策略(不考虑3.4节中说明的尾随调整)。假定今天的市场价格(每磅的美分数量)和期货价格如下表所示，你所提出的策略对公司买入铜的价格有什么影响?2010年需要的初始保证金是多少?公司会收到保证金催付通

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

知吗?

日期	2010 年 10 月	2011 年 2 月	2011 年 8 月	2012 年 2 月	2012 年 8 月
现货价格	372.00	369.00	365.00	377.00	388.00
2011 年 3 月期货价格	372.30	369.10			
2011 年 9 月期货价格	372.80	370.20	364.80		
2012 年 3 月期货价格		370.70	364.30	376.70	
2012 年 9 月期货价格			364.20	376.50	388.20

3.27 某基金经理持有一个价值为 5 000 万美元、β 等于 0.87 的股票组合。该经理担心在今后两个月内市场的表现，他打算采用 3 个月期的 S&P 500 的期货合约来对冲风险。股指的当前水平为 1 250，期货合约是关于 250 倍的股指价格，无风险利率为每年 6%，股息收益率为每年 3%，当前 3 个月期的期货价格为 1 259。

a. 基金经理应采用什么样的头寸来对冲今后两个月内的市场风险?

b. 当股指价格在两个月后分别为 1 000、1 100、1 200、1 300 和 1 400 时，你的策略对基金经理的收益有何影响? 假定一个月期的期货价格比现在的股指水平高 0.25%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录3A 统计的重要概念与资本资产定价模型

第3章所讨论的内容涉及标准差、相关性、线性回归以及资本资产定价模型的基本知识，本附录提供了相关内容。

3A.1 标准差

标准差是对某一变量所观察到的数量差异的一种度量，通常用希腊字母σ表示。如果变量的观察数据都相同，其标准差为零。当数据差异越来越大时，其标准差会增加。

举例说明，假设你有6本金融学教科书，其重量分别为5、7、5、4、9和6磅，重量的平均值为$\frac{1}{6}(5+7+5+4+9+6)=$ 6磅。为计算标准差，我们先计算各个观察值与平均值的差，然后平方；在我们的例子中，其平方差分别为

$$(5-6)^2=1$$
$$(7-6)^2=1$$
$$(5-6)^2=1$$
$$(4-6)^2=4$$
$$(9-6)^2=9$$
$$(6-6)^2=1$$

标准差是对平方差的平均值开根号，有时又叫差异的“均方根”。

$$\sigma=\sqrt{\frac{1+1+1+4+9+0}{6}}=1.633$$

观察数据的方差是标准差的平方，在本例中为2.667。

通常，计算标准差或方差有两种情况，一种是数据就是整个样本空间，另一种是数据来自于对样本空间的采样。前面所给的计算针对整个样本空间(即6本教科书)，所以计算是正确的。当考虑采样的情况时，σ的计算稍有不同，其分母应为观察个数减1(而不是观察个数)，然后开根号。

在本例中，如果你对金融学教科书重量的标准差感兴趣，那么我们所给的计算是正确的，因为它是来自于所有样本空间。如果你想计算所有金融学教科书重量的标准差(把你自己的书作为一个随机采样)，那么标准差的估计为

$$\sigma=\sqrt{\frac{1+1+1+4+9+0}{5}}=1.789$$

方差等于3.20。

在金融领域，我们通常从采样数据中估计标准差，所以前面介绍的第2种方法会被采用，即在计算均方根时，把观察数据的数量减1。对n个观察点$x_1,x_2,\cdots,x_n$的标准差计算公式为

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (3A\text{-}1)$$

其中$\bar{x}$是观察点的平均值。

在Excel中，可以用函数对采样数据进行计算并得到标准差。如果书的重量数据被输入到Excel工作页区域B2到B7，那么在另一个区域输入以下命令

=STDEV(B2：B7)

则可以得到相应的标准差为1.789。

3A.2 相关性

相关性是对两个变量之间线性关系的一种度量，通常用相关系数来表述，相关系数介于-1到1之间。零相关表明没有线性关系；相关系数等于1，表明变量之间完全正相关；相关系数等于-1，表明变量之间完全负相关。如第3.4节所述，对冲时，我们寻找以下两方面的高度相关性：①公司的损益；②用于对冲的金融产品的损益。相关系数通常用希腊字母ρ表示。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

假设对于第一个变量 x 的观察值为 x_1，$x_2,\cdots,x_n$，而对于第二个变量 y 的观察值为 $y_1,y_2,\cdots,y_n$；定义 $\bar{x}$ 为 x 的观察平均值，$\bar{y}$ 为 y 的观察平均值，计算相关系数的公式如下

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \tag{3A-2}$$

让我们继续讨论金融学教科书的例子。假定变量 x 为金融学教科书的重量，观察值为 5，7，5，4，9，6 磅；再假定变量 y 是教科书的页数，对应的 6 个观察值分别为 420，630，330，380，800，500（见表 3A-1）。在这种情况下，$\bar{y} = \frac{1}{6}(420 + 630 + 330 + 380 + 800 + 500) = 510$，同时 $\bar{x} = 6$，所以由式(3A-1)得出

$$\rho = 0.962$$

毫不意外，教科书的重量与页数之间的相关系数接近于 1。

Excel 的 CORREL 函数可以用来计算相关系数，如果把重量输入区域 B2 到 B7，把页数输入区域 C2 到 C7，运用以下命令

=CORREL(B2：B7，C2：C7)

我们得到相关系数为 0.962。

表 3A-1 金融学教科书的重量与页数

观察点	重量(磅)	页数
1	5	420
2	7	630
3	5	330
4	4	380
5	9	800
6	6	500
均值	6.000	510.00
标准差	1.789	176.635

3A.3 线性回归

线性回归是用来进行最佳拟合线性关系估计的工具，其形式为

$$y = a + bx \tag{3A-3}$$

这里有两个变量 x 和 y，参数 b 表示斜率，参数 a 表示截距。

通过 x 和 y 的观察值，通过以下公式可以估计斜率 b：

$$b = \rho\frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

其中 ρ 是 x 和 y 观察值之间的相关系数，σ_y 是变量 y 的观察值的标准差，σ_x 是变量 x 的观察值的标准差，截距 a 可以由 $\bar{y} - b\bar{x}$ 来估计，其中 $\bar{x}$ 和 $\bar{y}$ 是 x 和 y 观察值的平均值。

假定我们想要通过一本金融学教科书的重量来预计其页数，根据表 3A-1，我们已经计算了 $\rho = 0.962$，在这种情况下，$\sigma_x = 1.789$，$\sigma_y = 176.635$，所以

$$b = 0.962 \times \frac{176.635}{1.789} = 95$$

根据 $\bar{x} = 6$ 和 $\bar{y} = 510$，有

$$a = 530 - 95 \times 6 = -60$$

最佳拟合回归关系由此而得

$$y = -60 + 95x$$

见图 3A-1。

运用 Excel，可以用函数 INTERCEPT 和 SLOPE 来计算截距和斜率。把 x 的值输入区域 B2 到 B7，把 y 的值输入区域 C2 到 C7，命令为

=INTERCEPT(C2：C7，B2：B7)

以及

=SLOPE(C2：C7，B2：B7)

y 关于 x 的线性回归的 R^2 是指由 x 贡献的 y 的方差的那一部分，其等于相关系数的平方（本例中为 0.926）。

3A.4 资本资产定价模型

资本资产定价模型可以用来计算资产的回报率，由于资产的部分风险无法被分散，该回报率因此与风险挂钩，具体关系为[⊖]

$$预期资产回报 = R_F + \beta(R_M - R_F)$$

其中 R_M 是所有可投资资产组合的回报，R_F 是无风险投资回报，希腊字母 β（贝塔）是由式(3A-3)进行线性拟合而得到的斜率，

⊖ 如果市场回报率未知，R_M 由期望值来代替。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

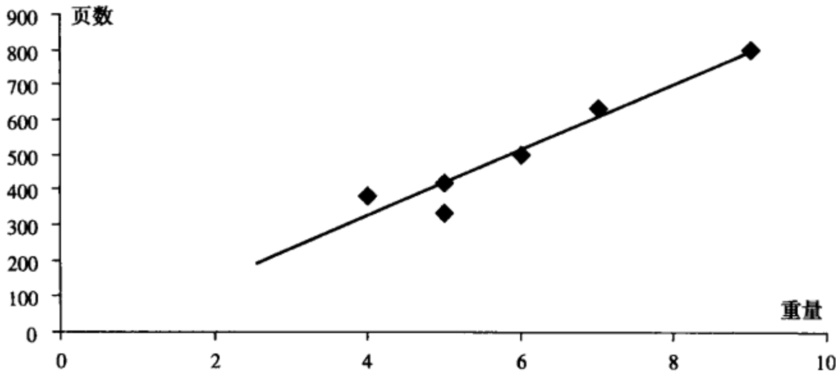


图 3A-1 表 3A-1 数据的最佳拟合关系

其中变量 y 是资产回报，变量 x 是 R_M。所有可投资资产组合的回报 R_M 叫做**市场回报**，通常根据充分分散的股票组合(如 S&P)的回报来近似得到。

β 度量资产回报相对于市场回报的敏感度。当 $\beta = 0$ 时，敏感度为零(即无敏感度)。当 $\beta = 0.5$ 时，资产回报率超过无风险利率的那一部分(平均来讲)是市场回报率超出无风险利率的一半。当 $\beta = 1$ 时，资产回报率超过无风险利率的那一部分等于市场回报率超出无风险利率的那部分；依此类推。

根据资本资产定价模型，资产回报的风险可以分为两类。**系统风险**(systematic risk)定义为与市场回报相联系的风险。**非系统风险**(nonsystematic risk)是由资产个性造成的，风险可以通过选择不同的资产来分散。参数 β 是对系统风险的一种度量。式(3A-4)显示，当资产无系统风险时，其预期回报是无风险利率。当 β 增加时，预期回报也随之增加。当 $\beta = 1$ 时，资产与市场有相同的系统风险，所以回报等于市场回报。

当资产是单只股票时，根据(3A-4)，预期回报是对实际回报的一个无偏估计(但并不一定是一个好的估计)，当资产是一个充分分散的股票组合时，估计就要好很多。所以，我们有以下关系式

$$分散化的组合回报 = R_F + \beta(R_M - R_F)$$

该公式可以作为对冲分散化组合的基础，其中 β 是组合的总体 beta，可以根据组合中每只股票的个体 beta 的加权平均得出。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

4 CHAPTER

第 4 章

利　　率

利率是决定所有衍生产品价格的一个因素，在本书后面的内容中，利率将占有非常显著的地位。本章我们将讨论关于利率的基本检测及分析方式，我们将解释利率的复利频率及连续复利利率的含义。连续复利利率在衍生产品分析中应用非常广泛。零息利率、平价收益率、收益率曲线及债券价格也将在本章有所讨论。我们在本章将要描述衍生产品交易员经常采用的计算零息国债利率的方法，即票息剥离法(bootstrap procedure)，还将讨论远期利率及远期利率协议，并回顾关于利率期限结构的知识。

在第 6 章中，我们将要讨论利率期货及久期。为了便于解释问题，我们在本章将忽略天数计量惯例。在第 6 章和第 7 章中，我们将讨论这些惯例的实质以及对于计算的影响。

4.1　利率的类型

利率在一定场合下，定义了资金借入方承诺将来偿还给资金借出方的资金的数量。对于任意给定货币，均有几种利率的报价方式，其中包括住房贷款利率、存款利率、最优客户利率(prime borrowing rate)等。在一定情况下，利率与信用风险有关，这一风险是因为资金借入方对本金及利息违约而造成的风险。信用风险越大，资金借入方承诺的利率就越高。

4.1.1　国债利率

国债利率是投资者投资国库券或国债时所得的收益率。国库券及国债是政府借入以自身货币为计量单位的资金而发行的金融产品。日元国债利率是指日本政府借入日元资金的利率；美国国债利率是指美国政府借入美元的利率，其他国家国债利率也有类似含义。通常我们认为一个政府不会对其自身发行的以自身货币计量的债务违约，因此国债利率为无风险利率，即买入短期及中长期国债的投资者可以确信政府对国债的本息偿还提供保证。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

国债利率十分重要，因为它会被用于对债券定价，而且有时被用于定义衍生产品的收益，但是衍生产品交易员（尤其是那些场外市场的交易员）往往不将国债利率作为无风险利率，这些交易员往往采用 LIBOR 利率。

4.1.2 LIBOR

LIBOR 代表**伦敦同业银行拆出利率**（London Interbank Offered Rate）。某银行提供的 LIBOR 利率是指该银行为其他银行提供资金时所收取的利率，也就是说，该银行同意用此利率将资金存入其他银行。一些大银行或其他金融机构对许多主要货币提供期限最多长达 1 年期的 LIBOR 利率，1 个月期的 LIBOR 利率对应于银行提供 1 个月期资金的利率，3 个月期的 LIBOR 利率对应于银行提供 3 个月资金的利率，等等。

在某家银行的存款可想象是给该银行的贷款，银行必须达到一定的信用等级才能接受以 LIBOR 计息的存款，通常信用等级为 AA 级[㊀]。

AA 级的银行将 LIBOR 作为其使用资金的短期机会成本。AA 级银行可以从其他金融机构以 LIBOR 利率借入短期资金，它们自己的 LIBOR 报价决定了将剩余资金借给其他金融机构的利率。LIBOR 并不完全等于无风险利率。AA 级金融机构在借入短期资金时仍存在微小违约的可能，但是 LIBOR 利率十分接近无风险利率。衍生产品交易员将 LIBOR 利率作为比国债利率更好的“真正”的无风险利率，可能是因为税务及监管规定人为地造成了国债利率偏低（见业界实例 4-1）。本书中的“无风险利率”应该被解释为 LIBOR 利率[㊁]。

除了 LIBOR 利率，银行也提供**伦敦同业银行拆入利率**（London Interbank Bid Rate，LIBID）。银行同意其他银行以 LIBID 利率将资金存入自己的银行。在任意给定时刻，银行给出的关于 LIBID 及 LIBOR 的报价会有一个小的溢差（LIBOR 略高于 LIBID）。这些利率取决于银行交易行为，并且不断变动以保证资金供需之间的平衡。例如，如果有更多的银行需要借入 3 个月期的美元，此时银行的 LIBID 和 LIBOR 报价会上升。类似地，如果有更多的银行想借出而不是借入资金，3 个月期的 LIBID 及 LIBOR 利率会下降。LIBOR 及 LIBID 交易市场被称为**欧洲货币市场**（Eurocurrency market）。这一市场不受任何国家政府的控制。

业界实例 4-1　什么是无风险利率

人们可能会很自然地假设短期国债或长期国债为金融机构的衍生产品交易人员提供了标准无风险利率。事实上，交易员将 LIBOR 作为他们使用资金的机会成本。交易员认为国债利率太低，出于以下原因他们认为国债利率不能作为无风险利率：

1. 金融机构为满足一定的监管要求，必须买入一定的长期及短期国债，而这一需求造成国债价格过高、收益率偏低。

2. 同持有其他类似的低风险投资相比，持有国债所需要的资本金要少。

3. 在美国，对于国债的税务规定要比其他定息投资更为有利，投资政府国债的获益无须缴纳州税。

LIBOR 利率大约等于信用等级为 AA 级的公司短期借入资金的利率，因此 LIBOR 利率并不是对无风险利率的完美近似。借入资金的 AA 级公司在 LIBOR 短期贷款期限内仍有一定微小的违约可能。尽管如此，交易员仍然认为 LIBOR 是他们可以利用的最好的

㊀ 由标普或惠誉给出的最好信用级别为 AAA，次好为 AA，与之相对应的穆迪信用级别分别是 Aaa 和 Aa，本书第 11 章将讨论有关细节。

㊁ 在第 7 章我们将要看到，更准确的说法是：无风险利率是由 LIBOR、互换及欧洲美元期货报价求得的利率。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

关于无风险利率的近似，LIBOR 的报价期限最长为 12 个月。我们将在第 7 章看到，可以采用欧洲美元期货市场的报价及互换利率来将无风险利率期限延伸到 12 个月之外。

4.1.3 再回购利率

有时交易活动的融资来自于**再回购**(repo 或 repo agreement)。在这一合约中，持有证券的某投资商同意将证券出售给合约的另一方，并在将来以稍高价格将证券购回。合约中的另一方为该投资商提供贷款。证券卖出与购回的差价即为贷款利息，相应的利率被称为**再回购利率**(repo rate)。如果将再回购合约精心设计，交易中会包含很小的信用风险。如果借款人不遵守合约，资金的借出方可以保留证券；如果资金借出方不遵守合约，原证券的拥有人可以保留现金。

市场上最流行的再回购合约为**隔夜回购**(overnight repo)，这一回购合约每天都要重新设定。但是期限较长的合约，即所谓的**期限回购**(term repo)有时也会得到运用。

4.2 利率的测定

某银行报告注明年储蓄利率为 10%，这句话听起来虽然非常直接并且含义清楚，但事实上其意思与利率的计量方式有关。

假定利率计量形式为一年复利 1 次，银行报告中注明的 10% 利率是指 100 美元的投资在年终会变成

$$100 \times 1.1 = 110 \text{ 美元}$$

如果利率计量方式为每年复利 2 次，则意味着每 6 个月的投资会带来 5% 的利息收入，假定利息也被用于再投资，100 美元的投资在一年后会增长为

$$100 \times 1.05 \times 1.05 = 110.25 \text{ 美元}$$

如果利率计量方式为每年复利 4 次，则意味着每 3 个月的投资会带来 2.5% 的利息收入。假定投资所得利息均用于再投资，100 美元的投资在一年后会增长为

$$100 \times 1.025^4 = 110.38 \text{ 美元}$$

表 4-1 显示了复利频率的增长对投资收益的影响。

表 4-1 利率为每年 10% 时，复利频率的增加对 100 美元投资一年后终值的影响

复利频率	100 美元投资 1 年后的价值	复利频率	100 美元投资 1 年后的价值
每年复利 1 次	110.00	每年复利 12 次	110.47
每年复利 2 次	110.25	每年复利 52 次	110.51
每年复利 4 次	110.38	每年复利 365 次	110.52

利率复利的频率定义了利率的计量方式，一年复利一次的利率可以被转换成以不同频率复利的利率。例如，从表 4-1 可以看出，一年复利一次计息利率 10.25% 与一年复利 2 次的计息利率 10% 等价，利率在不同计息频率下的相互关系可类比为公里同英里的关系，不同的计息频率代表不同的利息计量方式。

为了推广以上结果，假设将 A 数量资金以一年复利一次利率投资 n 年，投资的终值为

$$A\,(1+R)^n$$

如果利率对应于一年复利 m 次利息，投资终值为

$$A\left(1+\frac{R}{m}\right)^{mn} \tag{4-1}$$

$m = 1$ 时所对应的利率有时被称为**等价年利率**(equivalent annual interest rate)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

连续复利

复利频率趋于无穷大时所对应的利率就被称为连续复利(continuous compounding)，在连续复利情况下(见附录4A)，我们将 A 数量资金投资 n 年，投资的终值为

$$Ae^{Rn} \tag{4-2}$$

这里的 $e = 2.718\ 28$ ，在大多数计算器中都有计算函数 e^x 的功能，所以计算表达式(4-2)不会产生任何问题。在表4-1的例子中，$A = 100$，$n = 1$，$R = 0.1$，以连续复利计息，A 数量资金在投资一年后将增长到

$$100e^{0.1} = 110.52 \text{ 美元}$$

这个精确到小数点后两位的数值与用每天复利计算所得的结果一样。在大多数情况下，我们认为连续复利与每天计算复利等价。对一笔资金以连续复利利率 R 滚动 n 年，其效果相当于乘上 e^{Rn} 项。而对一笔在第 n 年的资金以连续复利利率 R 进行贴现，其效果相当于乘上 e^{-Rn} 。

如果没有特别注明，本书中的利率都假设为连续复利。习惯于每年复利1次、复利2次或其他复利频率的读者可能一开始会不适应，但是连续复利在衍生品定价中有广泛的应用，所以习惯使用连续复利方式非常有意义。

假设 R_c 是某连续复利利率，R_m 是与之等价的每年 m 次复利利率。由表达式(4-1)和式(4-2)，我们得出

$$Ae^{R_c n} = A\left(1 + \frac{R_m}{m}\right)^{mn}$$

或者

$$e^{R_c} = \left(1 + \frac{R_m}{m}\right)^{m}$$

也就是，

$$R_c = m\ln\left(1 + \frac{R_m}{m}\right) \tag{4-3}$$

及

$$R_m = m\left(e^{R_c/m} - 1\right) \tag{4-4}$$

这些公式可将每年 m 次复利的利率转换为连续复利的利率，反之亦然(见例4-1)。函数 ln 是大多数计算器设有的自然对数功能。该函数的定义是：如果 $y = \ln(x)$，则 $x = e^y$ (见附录4A)。

【例4-1】 转换利率的复利频率

1. 考虑一个年息为10%的利率，一年复利2次。将 $m=2$ 和 $R_m=0.1$ 代入式(4-3)可得出一个等价的连续复利利率：

$$2\ln\left(1 + \frac{0.1}{2}\right) = 0.097\ 58$$

即9.758%。

2. 假如某债权人给出的每年连续复利利率为8%，而实际利息是每季度支付一次。将 $m=4$ 和 $R_c=0.1$ 代入式(4-4)，一年复利4次的年等价利率为

$$4(e^{0.08/4} - 1) = 0.080\ 8$$

即8.08%。这意味着，对于1 000美元的贷款，借款人每季度必须支付20.20美元的利息。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

4.3 零息利率

N年的零息利率是指在今天投入资金，连续保持N年后所得的收益率，所有的利息及本金都在第N年末支付给投资者，在N年满期之前，不支付任何利息收益。N年期的零息利率有时也被称为N年期的**即息利率**(spot rate)，或者N年期**零息率**(zero rate)或N年期的**零率**(zero)。假如5年期连续复利的零息利率每年5%，这意味着今天100美元的投资在5年后将增长到

$$100 \times e^{0.05 \times 5} = 128.40$$

许多在市场上直接观察到的利率并不是纯零息利率。考虑一个券息利率为6%的5年期政府债券，该债券本身的价格并不能决定5年期的零息利率，因为债券的有些券息发生在5年时的到期日之前。在本章后面内容中，我们将讨论如何由支付券息的债券计算零息利率。

4.4 债券的价格

大多数债券提供周期性的券息，债券发行人在债券满期时将债券的本金(有时也称之为票面值或面值)偿还给投资者。债券的理论价格等于债券将来的现金流贴现后的总和，计算贴现最精确的办法是对不同时期的现金流采用不同的零息贴现利率。

为了说明这一点，假设零息曲线由表4-2给出(后面将说明零息曲线的计算过程)。假定一个两年期债券的面值为100美元，每年券息利率为6%，半年付息一次。为了计算第一个3美元券息的贴现值，我们采用6个月的贴现率5%；为了计算第二个3美元券息的贴现值，采用一年的贴现率5.8%；依次类推，债券的理论价格为

$$3e^{-0.05 \times 0.5} + 3e^{-0.058 \times 1.0} + 3e^{-0.064 \times 1.5} + 103e^{-0.068 \times 2} = 98.39$$

即98.39美元。

表4-2 某零息利率结构

期限(年)	零息利率
0.5	5.0
1.0	5.8
1.5	6.4
2.0	6.8

4.4.1 债券收益率

债券收益率等于使债券贴现的现金流总和与其市场价格相等的贴现率。假定某债券的理论价格为98.39美元，此价格也等于其市场价格(这里的债券市场价格与表4-2数据完全一致)。如果y对应于连续复利的债券收益率，应有等式

$$3e^{-y \times 0.5} + 3e^{-y \times 1.0} + 3e^{-y \times 1.5} + 103e^{-y \times 2} = 98.39 \text{ 美元}$$

这一方程式的解可以通过Excel的求解功能或其他方式得出，其解为$y = 6.76\%$。

4.4.2 平价收益率

对应于具有一定期限的债券平价收益率是使得债券价格等于其**面值**(par value)(这里的面值也被称为本金值)的券息率。通常来讲，债券每半年支付一次券息。假定某债券每年支付的券息为c(即每6个月支付的券息为$c/2$)。采用表4-2中的零息利率，当以下方程成立时，债券价格等于其面值，即100美元：

$$\frac{c}{2}e^{-0.05 \times 0.5} + \frac{c}{2}e^{-0.058 \times 1.0} + \frac{c}{2}e^{-0.064 \times 1.5} + \left(100 + \frac{c}{2}\right)e^{-0.068 \times 2.0} = 100$$

这一方程的解很容易得出，即$c = 6.87$。两年的平价收益率为6.87%，每半年复利一次(或等价连续复利利率为6.75%)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

更广义地讲，如果 d 是债券到期时收到的 1 美元的贴现值，A 是一个**年金**(annuity)，即在每个券息日支付 1 美元的现金流的当前值，并且假定债券每年支付 m 次券息，因为平价收益率满足

$$100 = A\frac{c}{m} + 100d$$

因此

$$c = \frac{(100 - 100d)m}{A}$$

在本例中，$m = 2$，$d = e^{-0.068\times 2} = 0.872\ 84$。

$$A = e^{-0.05\times 0.5} + e^{-0.058\times 1.0} + e^{-0.064\times 1.5} + e^{-0.068\times 2.0} = 3.700\ 27$$

公式计算出的平价收益率为每年 6.87%。注意，这里的利率为复半年复利一次(这一利率等价于 6.75% 连续复利利率)。

4.5 国库券零息利率的确定

一种计算表 4-2 显示的零息利率的方法是直接观测**票息剥离产品**(strips)所对应的利率，这些产品是由交易员在卖出与本金分离后的票息时人工生成的无息证券。

另一种确定零息收益率曲线的方法是从一般的国债和国库券价格入手计算零息利率，最流行的方法就是所谓的**票息剥离法**(bootstrap method)。为了说明这一方法，考虑表 4-3 中 5 只债券的价格。因为前三只债券不支付券息，对应于这些券息到期日的零息利率很容易计算得出。第 1 只债券对于起始 97.5 美元的投资在第 3 个月时支付的收益为 2.5 美元，即本息一共为 100 美元。3 个月的连续复利利率为

$$100 = 97.5e^{R\times 0.25}$$

即每年 10.127%。6 个月期债券的起始投资为 94.9 美元，通过解以下方程，6 个月的连续复利利率为

$$100 = 94.9e^{R\times 0.50}$$

即每年 10.469%。类似地，1 年期的连续复利利率为

$$100 = 90e^{R\times 1.00}$$

即每年 10.536%。

表 4-3 票息剥离法采用的数据

债券本金(美元)	期限(年)	年票息[1](美元)	债券价格(美元)
100	0.25	0	97.5
100	0.50	0	94.9
100	1.00	0	90.0
100	1.50	8	96.0
100	2.00	12	101.6

①票息每半年支付一次。

第 4 只债券的期限为 1.5 年，券息及本金支付如下：

6 个月时：4 美元；

1 年时：4 美元；

1.5 年时：104 美元。

从前面的计算得出，对于在 6 个月末支付的利息所采用的贴现率为 10.469%，对于在 1 年时支付的利息所采用的贴现率为 10.536%。我们也知道债券价格为 96 美元，必须等于债券持有人

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

所有收入的现值。假定 1.5 年所对应的零息利率为 R，因此

$$4e^{-0.10469\times0.5}+4e^{-0.10536\times1.0}+104e^{-R\times1.5}=96$$

以上方程可被简化为

$$e^{-R\times1.5}=0.85196$$

即

$$R=-\frac{\ln(0.85196)}{1.5}=0.10681$$

因此 1.5 年所对应的零息利率为 10.681%。这是唯一与 6 个月期限、1 年期限及表 4-3 中数据一致的利率。

两年期的零息利率也可以通过采用类似于 6 个月、1 年及 1.5 年的零息利率的计算方法求得，结合表 4-3 中的数据，假定 R 为两年期的零息利率，我们有

$$6e^{-0.10469\times0.5}+6e^{-0.10536\times1.0}+6e^{-0.10681\times1.5}+106e^{-R\times2.0}=101.6$$

由此得出 R =0.108 08，即 10.808%。

表 4-4 是对计算结果的总结。表示零息利率与期限的图形被称为**零息利率曲线**(zero curve)。关于零息利率曲线的一个常用假设为：在由票息剥离法所得数值节点之间为线性(这意味着在本例中 1.25 年的零息利率等于 0.5×10.536% +0.5×10.381% =10.608%)。通常还假定在零息利率曲线上第 1 个节点之前的利率及超出最后一个节点的利率为水平。图 4-1 是建立在这些假设前提下的零息利率曲线。采用期限更长的债券，我们可以将零息利率曲线推广到两年，甚至更长。

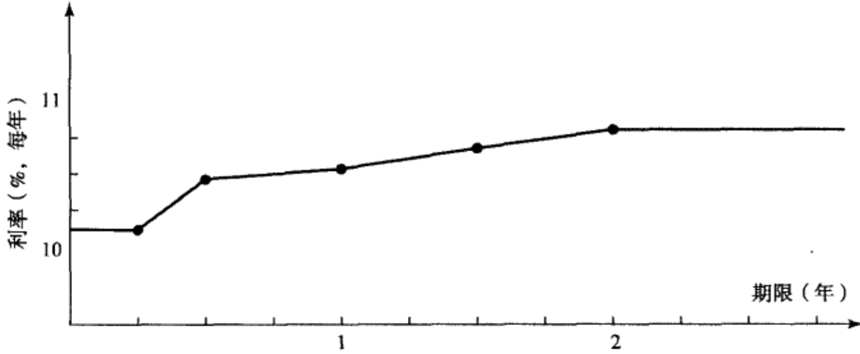


图 4-1 由票息剥离法得出的零息利率

在实践中，市场上通常没有期限等于 1.5 年、2 年和 2.5 年的债券。分析师通常的做法是在计算零息利率曲线之前首先对债券价格曲线进行插值。例如，如果已知 2.3 年到期券息为 6% 的债券价格为 98、2.7 年到期券息为 6.5% 的债券价格为 99，分析师就可能会假定 2.5 年到期的、票息率为 6.25% 的债券价格为 98.5。

表 4-4 由表 4-3 数据所得的连续复利利率

期限(年)	零息利率
0.25	10.127
0.50	10.469
1.00	10.536
1.50	10.681
2.00	10.808

4.6 远期利率

远期利率(forward interest rate)是由当前的零息利率隐含的将来一定期限的利率。为了说明远期利率的计算方式，假定 LIBOR 零息利率如表 4-5 的第 2 列所示(第 7 章会说明 LIBOR 的零息利

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

率的计算方法，与前一节中的国债零息利率计算方法类似）。假设这些利率为连续复利，因此一年期的3%年利率意味着今天投资100美元，1年后投资者将收入 $100e^{0.03\times1}=103.05$ 美元；2年期4%的年利率意味着今天投资100美元，2年后投资者收到 $100e^{0.04\times1}=108.33$ 美元；依此类推。

表4-5 远期利率的计算

期限(年)	对应 n 年投资的零息利率(每年,%)	第 n 年的远期利率(每年,%)
1	3.0	
2	4.0	5.0
3	4.6	5.8
4	5.0	6.2
5	5.3	6.5

表4-5中第2年的远期利率为每年5%，这是由第1年末及第2年末的零息利率隐含的由第1年至第2年的利率，即由1年期每年3%的利率与2年期每年4%的零息利率计算得出的。第2年(即从第1年末至第2年末)的利率与第1年的利率结合会得出2年期的利率为4%。为了说明正确答案是每年5%，假定投资100美元，第1年3%的利率及第2年5%的利率意味着第2年的收益为

$$100e^{0.03\times1}e^{0.05\times1}=108.33$$

连续以4%的利率投资两年，得到的收益为

$$100e^{0.04\times2}$$

也是108.33美元。这一例子说明：当利率为连续复利时，将相互衔接的时段的利率结合在一起，整个时段的等价利率为各个时段利率的平均值(这一结论在附录4A中有所解释)。在本例中，3%为第1年利率，5%为第2年利率，4%为2年的平均利率。对于非连续复利的利率，这一结论只是近似成立。

第3年的远期利率是由第2年末的零息利率4%与3年期末的零息利率4.6%推导而出，其结果为每年5.8%，因为以4%的利率投资2年后再以5.8%的利率投资1年而得出3年期平均年利率为每年4.6%。其他远期利率也可以用类似的方法计算，计算过程如表4-5第3列所示。通常来讲，如果 R_1 和 R_2 分别对应期限为 T_1 和 T_2 的零息利率，R_F 为 T_1 与 T_2 之间的远期利率，那么

$$R_F=\frac{R_2T_2-R_1T_1}{T_2-T_1} \tag{4-5}$$

为了说明这一公式，考虑表4-5中第4年的远期利率：$T_1=3$，$T_2=4$，$R_1=0.046$，$R_2=0.05$，公式给出 $R_F=0.062$。

式(4-5)可以写成

$$R_F=R_2+(R_2-R_1)\frac{T_1}{T_2-T_1} \tag{4-6}$$

这一公式说明，如果零息利率曲线在 T_1 与 T_2 之间向上倾斜，即 $R_2>R_1$，那么 $R_F>R_2$(即在 T_2 结束的远期利率会大于 T_2 时刻的零息利率)。类似地，如果零息利率曲线向下倾斜，即 $R_2<R_1$，那么 $R_F<R_2$(即在 T_2 结束的远期利率小于 T_2 时刻的零息利率)。

假定借入资金及投资(即借出资金)的LIBOR利率相同(对金融机构而言，这非常接近实际情况)。投资者可以锁定将来某时段的LIBOR远期利率。例如，零息利率在表4-5中给定，如果某投资者以3%的利率借入100美元，期限为1年，然后以4%的利率投资2年，结果是，第1年末现金流流出为 $100e^{0.03\times1}=103.05$ 美元，在第2年末现金流流入为 $100e^{0.04\times2}=108.33$ 美元。因为 $108.33=103.05e^{0.05}$，因此第2年的收益等于远期利率5%。接下来假定某投资者以5%的利率借入100美元，期限为4年，并同时以4.6%的利率投资3年。这样，在第3年末现金流流出为 $100e^{0.046\times3}=114.80$ 美元，在第4年末的现金流流入为 $100e^{0.05\times4}=122.14$ 美元。因为 $122.14=114.80e^{0.062}$，资金在第4年的借入利率为远期利率6.2%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

如果某投资者认为将来的利率与今天的远期利率有所不同，那么该投资者就会发现市场上有许多交易策略非常具有吸引力(见业界实例4-2)。其中一种做法是进入一个远期利率合约，我们在下文将讨论这种合约的运作机制及定价方式。

业界实例 4-2 奥兰治郡对收益曲线的下注

考虑某投资者可以由表4-5所示的利率借出或借入资金，假定该投资者认为今后5年的1年期利率没有太大变化。该投资者可以借入1年期的资金并且将资金投资5年。1年的展期可以分别在第1年末、第2年末、第3年末和第4年末进行。如果利率保持恒定，这种投资决策每年会盈利2.3%，因为收入利率为5.3%而支出利率为3%。这种形式的投资方式被称为对收益曲线下注(yield curve play)。投资者下注将来的利率会不同于现在由市场观察到的远期利率。

奥兰治郡(Orange County)资金主管罗伯特·希特伦(Robert Citron)在1992年和1993年采用了以上投资方式，并且获得了成功。希特伦先生的盈利在奥兰治郡的预算中起了很大的作用，因此他也得以连任(在选举中有人指出这一投资方式风险太大，但没有人认真听取这一反对意见)。

1994年，希特伦进一步扩大了收益曲线下注投资，他在投资中选用了大量反向浮息债券(inverse floaters)，该债券的券息为某一固定利率同某一浮动利率的差。他以借入短期资金的方式进一步加大投资，当短期利率恒定或下降时，他的投资依然会表现不错。但在1994年，利率急剧上扬，1994年12月1日奥兰治郡宣布其投资组合损失15亿美元，几天之后，奥兰治郡宣布寻求破产保护。

4.7 远期利率合约

远期利率合约(forward rate agreement, FRA)是一种场外交易，交易阐明在将来某一时段，交易的一方将以某一固定利率借入或借出一定数量的资金。在FRA合约中，借入和借出资金的利率常常为LIBOR。

考虑以下远期利率合约，其中公司X同意在 T_1 和 T_2 时段将资金借给公司Y：

R_K ——FRA中的固定利率；

R_F ——由今天计算得出的介于时间 T_1 和 T_2 的LIBOR利率[⊖]；

R_M ——在时间 T_1 观察到的 T_1 与 T_2 之间的真正的LIBOR利率；

L ——合约的本金。

这里，我们将不采用连续复利的假设。假定 R_K、R_F 和 R_M 的计利频率均与这些利率适用的区间保持一致。这意味着，如果 $T_2 - T_1 = 0.5$，那么这些利率为每半年复利一次；如果 $T_2 - T_1 = 0.25$，则为每季度复利一次，等等(这些假设与市场上FRA的约定较为一致)。

通常来说，公司X从LIBOR贷款的收益为 R_M，FRA会使得公司X的收益变为 R_K。进入FRA会使得公司X得到额外利率(也可能为负)为 $R_K - R_M$。利率在 T_1 设定并在 T_2 付出，对于X而言，额外利率会造成在 T_2 以下数量的现金流

$$L(R_K - R_M)(T_2 - T_1) \tag{4-7}$$

同理，对于Y而言，在 T_2 时刻的现金流为

$$L(R_M - R_K)(T_2 - T_1) \tag{4-8}$$

⊖ LIBOR远期利率可以由LIBOR/互换零息曲线计算得出，我们将在第7.6节描述替换曲线。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

由式(4-7)和式(4-8)，我们可以得出对FRA的另外一种解释。在FRA中，X同意在T_1与T_2之间收入固定利率R_K，并同时付出LIBOR利率R_M，公司Y同意在T_1与T_2之间付出固定利率R_K，并同时收入LIBOR利率R_M。

通常，FRA在T_1时刻而不是在T_2时刻进行交割，因此收益必须从T_2到T_1进行贴现。对于公司X而言，在T_1时刻的收益为

$$\frac{L(R_K - R_M)(T_2 - T_1)}{1 + R_M(T_2 - T_1)}$$

对于公司Y而言，在T_1时刻的收益为

$$\frac{L(R_M - R_K)(T_2 - T_1)}{1 + R_M(T_2 - T_1)}$$

例4-2说明了一个FRA合约的现金流。

【例4-2】 一个FRA合约中的现金流

假定一家公司进入了一个FRA合约，在合约中该公司将在第3年时收入3个月期限、固定利率4%的现金流。FRA的本金为1亿美元。如果在第3年时，3个月期限LIBOR为4.5%，那么对于资金借出者而言(即这家公司)，在第3.25年时现金流为

$$100\,000\,000 \times (0.040 - 0.045) \times 0.25 = -125\,000$$

这一现金流与以下第3.25年时的现金流等价

$$-\frac{125\,000}{1 + 0.045 \times 0.25} = -123\,609$$

因此，这一交易对于交易对手而言，在第3.25年时现金流为+125 000美元，或在第3年时现金流为+123 609美元(这一实例中的所有利率均为每季度复利一次)。

定价

为了给FRA定价，首先应注意，当$R_K = R_F$时，FRA价格永远为0。[⊖]这是因为大型金融机构可以在没有任何费用前提下，以远期利率来锁定将来利率。例如，金融机构可以借入2年期的资金并投资3年以锁定第2年至第3年投资收益率，该收益率即为远期利率。类似地，金融机构也可以借入3年期利率并投资2年以锁定第2年至第3年的借入资金的利率。

比较两个FRA。第1个FRA承诺在T_1与T_2之间收益率为R_F；第2个FRA也承诺在两个期限之间的收益率为R_K。两个FRA的本金均为L，其唯一的不同之处只是在于在T_2的付款数量。第2个FRA与第1个FRA之间的价格差为

$$L(R_K - R_F)(T_2 - T_1)e^{-R_2T_2}$$

其中R_2为T_2期限的无风险利率(注意R_K、R_M和R_F的复利频率与$T_2 - T_1$的长度一致，而R_2为连续复利)。因为收入R_F的FRA在0点价值为0，因此收入R_K的FRA价值为

$$V_{FRA} = L(R_K - R_F)(T_2 - T_1)e^{-R_2T_2} \tag{4-9}$$

类似地，付出R_K的FRA价值为

$$V_{FRA} = L(R_F - R_K)(T_2 - T_1)e^{-R_2T_2} \tag{4-10}$$

将式(4-7)与式(4-9)进行比较，我们可以采取以下过程为FRA定价：

1. 假定在远期利率会实现的前提下(即$R_M = P_K$)计算收益；
2. 对收益以无风险利率进行贴现。

⊖ 在FRA刚刚开始时，R_K一般等于R_F。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

例4-3说明了FRA的定价过程。

【例4-3】 FRA的定价过程

假定LIBOR零息利率及远期利率如表4-5所示。考虑一个FRA。在该FRA中，某公司将收入6%固定利率(每年复利)，FRA本金为1亿美元，FRA开始日期为第1年底，结束日期为第2年底。这时，介于1至2年的连续复利远期利率5%，该利率等价于每年复利一次的远期利率5.127%。由式(4-9)，我们得出FRA的价值为

$$100\ 000\ 000 \times (0.06 - 0.051\ 27) e^{-0.04 \times 2} = 805\ 800 \text{ 美元。}$$

4.8 利率期限结构理论

投资者很自然会问是什么因素决定了零息利率曲线的形状，为什么有时曲线向下倾斜，有时向上倾斜，而有时会部分向下倾斜、部分向上倾斜？关于这一点有几种理论，其中最简单的一种被称为**预期理论**(expectations theory)，该理论假设长期利率应该反映了将来预期短期利率。更精确地讲，该理论认为，对应于将来某一确定时段的远期利率等于该时段未来的即期利率的预期值。另外一种理论被称为**市场分割理论**(market segmentation theory)。该理论认为，短期、中期及长期理论之间没有任何关系。在这一理论中，类似于大型退休金等投资机构投资于不同期限的债券，而不会转换期限。短期利率由短期债券市场的供需关系决定，中期利率由中期市场的供需关系决定，依此类推。

最有意思的理论是**流动性偏好理论**(liquidity preference theory)。该理论认为，远期利率永远会高于未来即期利率的预期值。这一理论的基本假设是投资者偏好于流动性，并因此将资金投资于较短的期限。另一方面，长期投资者通常愿意将资金以固定利率借出较长期限。流动性偏好理论使得远期利率大于未来即期利率的预期值。在实践中，我们观察到收益率曲线向上倾斜多于向下倾斜，流动性偏好理论与这一现象具有一致性。

利率净收入管理

为了理解流动性偏好理论，我们可以考虑提供贷款及存款的银行。这里，**利率净收入**(net interest income)是收入利息与支出利息的差，银行对于利率收入应小心管理。

考虑简单情形，假定某银行为客户提供1年和5年的存款利率，同时又为客户提供1年和5年的住房贷款利率，如表4-6所示。为了简化分析，假设投资者认为将来的1年期利率同今天市场上的1年期利率相同，即市场认为利率增加与利率减少有相同的可能性，由此可以说表4-6显示的利率是“公平”的，它们正确地反映了市场的期望。将资金投放1年然后再滚动投资4年同一个5年期的投资具有相同的收益。类似地，以1年期借入资金然后再滚动4年借入资金同一个5年期的贷款具有一样的融资成本。

表4-6 银行为客户提供各种利率

期限(年)	存款利率	住房贷款利率
1	3%	6%
5	3%	6%

假定你将资金存入银行，并且认为利率增加与利率减少有相同的可能性，此时你是将资金以3%的利率存入1年还是会以3%的利率存入5年？通常你会选择前者，因为将资金锁定在一个较短期限会给你带来许多便利。

下一步假定你需要一笔住房贷款，同时仍然认为利率上升与下降的可能性均等，此时你是选

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

1 年期 6% 的住房贷款还是选一个 5 年期 6% 的住房贷款？通常你会选择后者，因为这样做会给你带来较少的融资风险。

根据银行提供的如表 4-6 所示的利率，大多数存款客户会选择 1 年期存款，同时大多数住房贷款客户会选择 5 年期贷款。这样一来，银行的资产与付债就会产生不匹配，从而对净利息收入产生风险冲击。利息降低时不会产生问题，银行的贷款收入仍为 6%，而支撑贷款的存款利息低于 3%，因此利息收入会增加。但当利率上升时，银行贷款收入仍为 6%，存款费用高于 3%，由此引发银行净利息收入降低，当 1 年期利率上升达 3% 时，利息收入会变为零。

资产负债管理的职责是将带来收入的资产与带来利息费用的负债进行匹配。达到这种匹配目的方法之一是提高 5 年期存款及住房贷款利率。例如，我们将表 4-7 中的 5 年期存款率提高到 4%，贷款利率提高到 7%。这样做会使 5 年期存款及 1 年期住房贷款变得相对更有吸引力，一些选择表 4-6 中的 1 年期的存款人会将资金转入到表 4-7 中所示的 5 年期存款；一些选择表 4-6 中的 5 年期住房贷款人会选择表 4-7 中的 1 年期住房贷款，其带来的效果会使得资产与负债相匹配。如果顾客仍然过多地选择 1 年期存款和 5 年期住房贷款而造成资产负债的不平衡，我们可以进一步提高 5 年期存款和贷款利率，这样会逐渐消除资产负债的失衡。

表 4-7 提高 5 年期利率以达到资产负债的匹配

期限(年)	存款利率	住房贷款利率
1	3%	6%
5	4%	7%

所有的银行均按以上所描述的方法进行资产负债管理，其效果是长期利率比预期的将来的短期利率高，这一现象就是所谓的流动偏好理论。这将造成长期利率在通常情况下比短期利率高，即使市场预测短期利率稍有下降时，流动偏好理论也会使得长期利率高于短期利率。只有当短期利率陡降时，收益曲线才会呈下降趋势。

许多银行已经建立了较为完善的系统来检测客户业务决策行为，当看到资产与负债不匹配时，可以对利率进行细微调整，有时利率替换等衍生产品可以被用于管理利率风险暴露，这样银行就能保证利息收入的稳定并达到减少风险的目的。但正如业界实例 4-3 所示，并不是所有的银行都能做到这一点。

业界实例 4-3 美国金融机构昂贵的破产费用

从 20 世纪 60 ~ 80 年代，美国信贷(Savings and Loans，S&L)银行在利率管理中管理不善，造成经营失败。在实践中，S&L 常常是借短放长，1966 年、1967 ~ 1970 年以及 1974 的利率增长使得 S&L 损失惨重，而 1979 ~ 1982 年的利率变化给 S&L 带来了致命的打击。S&L 受到美国政府的信用保护，在 80 年代有 1 700 多家 S&L 破产，主要原因是银行缺乏利率风险管理，这给美国纳税人带来了 1 000 亿 ~ 5 000 亿美元的损失。

美国银行破产的最大案例是大陆伊利诺伊(Contintental Illinois)银行，该银行破产原因也可归咎于利率风险管理的失败。在 1980 ~ 1983 年间，该银行超过 1 年期的资产(贷款)介于 70 亿 ~ 80 亿美元之间，而其超过 1 年期负债(存款)仅仅介于 14 亿 ~ 25 亿美元之间。银行在 1984 年宣告破产，美国政府为其担保而付出了巨大代价。

小结

对于衍生产品交易员来说，国债利率及 LIBOR 是两个非常重要的利率。国债利率是政府借入以自身货币计量的资金而支付的利率；LIBOR 是银行在行业之间为借入短期资产而支付的利率。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

衍生产品的交易员通常用 LIBOR 作为短期无风险利率的近似。

利率的复利频率定义了检测利率的单位。一年复利一次的利率与一年复利 4 次的利率的差别可以类比为英里同公里的差别。在分析衍生产品时，交易员常常采用连续复利形式。

在金融市场中有许多利率被用以报价及计算，N 年零息(或 N 年现期市场)利率对应于一个 N 年期并且所有投资收益均发生在到期时的一种投资的收益率。一定期限债券的平价收益率是指其券息能使得债券以平价卖出。远期利率是从今天零息收益曲线所导出的并且可以被应用于将来某一时间段的利率。

决定零息曲线的一种方法是所谓的票息剥离法，这一方法由短期产品出发，循序进入长期来计算利率，在计算过程中要保证每一阶段计算的零息利率使得输入的产品价格与计算出的产品价格相吻合。这一方法常常被交易平台采用以计算国债零息利率曲线。

远期利率合约是一种场外交易，在这类交易中，在将来某一时段，一方将以某一利率借入或借出一定量的资金。假定远期利率等于将来实现的利率，并对相应的收益进行贴现，我们即可对 FRA 进行定价。

流动性偏好理论可以用于解释实际生活中的利率期限结构。该理论指出：大多数个人及公司喜欢借长放短。为了保证借入资金与借出资金期限相匹配，金融机构有必要提高长期利率以使得远期利率高于将来即期利率的预期值。

推荐阅读

Allen, S. L., and A. D. Kleinstein. *Valuing Fixed-Income Investments and Derivative Securities: Cash Flow Analysis and Calculation*. New York: New York Institute of Finance, 1991.

Fabozzi, F. J. *Fixed-Income Mathematics: Analytical and Statistical Techniques*, 4th edn. New York: McGraw-Hill, 2006.

Grinblatt, M., and F. A. Longstaff. "Financial Innovation and the Role of Derivatives Securities: An Empirical Analysis of the Treasury Strips Program," *Journal of Finance*, 55, 3 (2000): 1415–36.

Jorion, P. *Big Bets Gone Bad*: *Derivatives and Bankruptcy in Orange County*. New York: Academic Press, 1995.

Stigum, M., and F. L. Robinson. *Money Markets and Bond Calculations*. Chicago: Irwin, 1996.

测验题

4.1 某银行的利率报价为每年 14%，每季度复利一次。在以下不同的复利机制下对应的利率分别是多少：(a)连续复利；(b)一年复利一次。

4.2 LIBOR 与 LIBID 的含义是什么？哪一个更高？

4.3 6 个月期与 1 年期的零息年利率均为 10%。某剩余期限还有 18 个月、票息利率为 8%(刚刚付过半年一次的利息)的债券，年收益率为 10.4% 的债券价格是多少？18 个月的零息利率是多少？这里的所有利率均为半年复利一次利率。

4.4 某投资者在年初投入 1 000 美元，年末收入 1 100 美元。计算投资在不同复利机制下的收益率：(a)一年复利一次；(b)一年复利 2 次；(c)每月复利一次；(d)连续复利。

4.5 假设连续复利的零息利率如下：

期限(以月计)	利率(每年,%)
3	8.0
6	8.2
9	8.4
12	8.5
15	8.6
18	8.7

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

计算第二季度、第三季度、第四季度、第五季度及第六季度的远期利率。

4.6 假定零息利率如测验题4.5所示，请问一个收入3个月期的固定利率9.5%的FRA的价值为多少？FRA的面值为1 000 000美元，起始日期为1年以后，这里的利率复利为每季度一次。

4.7 利率期限结构向上倾斜，将以下变量按大小排列：(a)5年期零息利率；(b)5年期带息债券(coupon bearing bond)的收益率；(c)将来从第4.75年到5年期间远期利率。当利率期限结构向下倾斜时，结果会如何变化？

练习题

4.8 6个月期和1年期零息国债的价格分别为94.0和89.0。某1.5年期债券，每半年付券息4美元，价格为94.89美元。某2年期债券，每半年付券息5美元，价格为97.12美元。计算6个月期、1年期、1.5年期和2年期的零息利率。

4.9 与年率15%、每月复利的等价连续复利利率为多少？

4.10 一个存款账户以每年12%的连续复利利率计算利息，但利息每个季度支付一次，10 000美元存款对应于每季度的利息为多少？

4.11 假定6个月期、12个月期、18个月期、24个月期及30个月期的零息利率分别为每年4%、4.2%、4.4%、4.6%及4.8%，利率以连续复利计算。估计一个面值为100美元的债券的价格。假定该债券在第30个月后到期，债券票息利率为每年4%，半年付息一次。

4.12 某3年期债券的券息率为8%，每半年付息一次，该债券的现金价格为104，请问该债券的收益率是多少？

4.13 假定6个月期、12个月期、18个月期及24个月期的零息利率分别为每年5%、6%、6.5%及7%。两年的债券平价收益率是多少？

4.14 假设连续复利的零息利率如下：

期限(以年计)	利率(每年,%)	期限(以年计)	利率(每年,%)
1	2.0	4	4.2
2	3.0	5	4.5
3	3.7		

计算第2年、第3年、第4年及第5年的远期利率。

4.15 采用练习题4.14中的利率，对以下FRA定价：在FRA中支付5%的利率(每年复利)，面值为100万美元，起始期为第3年末，FRA期限为1年。

4.16 某10年期券息为8%的债券价格为90美元，另一10年期券息为4%的债券的价格为80美元，请问第10年时的零息利率为多少(提示：考虑一个2年期券息为4%的债券的长头寸及一个券息为8%的债券的短头寸)。

4.17 请解释，为什么流动性偏好理论与市场上所观察到的利率期限结构向上倾斜多于向下倾斜这一现象一致。

4.18 当零息利率曲线向上倾斜时，对应于某一期限的零息利率比相应期限的平价收益率高。当零息利率曲线向下倾斜时，对应于某一期限的零息利率比相应同一期限的平价收益率低。请解释原因。

4.19 为什么美国国债收益率远低于无风险投资收益率？

4.20 为什么再回购市场贷款的信用风险很低？

4.21 请解释，为什么一个FRA等价于一个固定利率与浮动利率的掉期？

作业题

4.22 “一个利率掉期，其中浮动利率为6个月LIBOR，固定利率为5%，面值为1亿美元，这样的掉期是FRA的一个组合。”解释这一声明。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

4.23 某5年期债券提供每年5%的券息，每半年支付一次，价格为104美元。债券的收益率是多少？

4.24 假设到期日为1、2、3、4、5和6个月的LIBOR分别为2.6%、2.9%、3.1%、3.2%、3.25%和3.3%，连续复利。未来一个月期间的远期利率分别是多少？

4.25 银行以LIBOR进行贷款，2个月期LIBOR为每年0.28%(连续复利)；假设利率不可为负，那么当3个月期LIBOR为每年0.1%时(连续复利)，存在什么样的套利机会？为保证无套利机会，3个月期LIBOR最低能达到多少？

4.26 银行以LIBOR进行借贷，假定6个月利率为5%，而9个月利率为6%；6~9个月之间的利率可以通过FRA来锁定，其值为7%。假设所有利率是连续复利，银行如何进行套利？

4.27 一年复利2次的5%利率，与以下复利机制对应的利率为多少：一年复利一次；每月复利一次；连续复利。

4.28 6个月、12个月、18个月及24个月期的零息利率分别为4%、4.5%、4.75%及5%，利率为每半年复利一次。

a. 相应的连续复利利率是多少？

b. 在第18个月开始的6个月期的远期利率是多少？

c. 第18个月后开始的为期6个月的FRA，面值100万美元，券息6%(半年复利)，其现在的价格是多少？

4.29 假设零息利率由作业题4.28给定，请问两年的平价收益率是多少？一个两年期、券息等于平价收益率的债券收益率是多少？

4.30 以下表格给出了债券价格：

债券面值(美元)	期限(以年为计)	年券息(美元)	债券价格(美元)
100	0.5	0.0	98
100	1.0	0.0	95
100	1.5	6.2	101
100	2.0	8.0	104

在上表中，每6个月支付所示利息的一半。

a. 计算对应于6个月、12个月、18个月及24个月期限的零息利率。

b. 请问以下时段的远期利率是多少：6~12个月；12~18个月；18~24个月。

c. 对于每半年支付券息，期限分别为6个月、12个月、18个月及24个月的债券的平价收益率是多少？

d. 估算年券息率为7%，每半年支付一次券息，2年期限的债券的收益率。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录 4A 指数函数与对数函数

在衍生产品领域，指数及对数函数在产品定价公式中被广泛应用，这里，我们对于这些函数的性质做一个总结。指数函数与数学变量 e 密切相关，将 e 展开到无限，即可得出

$$e = 1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \frac{1}{4!} + \cdots$$

其中，$n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times \cdots \times 3 \times 2 \times 1$。采用这一公式，我们可以将变量 e 计算到任意精度。采用前 4 项，我们得出

$$e = 1 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = 2.66667$$

采用前 6 项，我们得出

$$e = 1 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{24} + \frac{1}{120} = 2.71667$$

采用前 10 项，我们得出 e = 2.718 28，这一数值精确到小数点后 5 位。

指数函数初记为 e^x，有时也写成 $\exp(x)$，其计算形式为 $2.718\,28^x$。例如，$e^3 = 2.718\,28^3 = 20.085\,5$。指数函数有许多有趣的性质，其中之一为

$$e^R = \lim_{m \to \infty}\left(1 + \frac{R}{m}\right)^m$$

换句话说，方程中 m 越大，右项就越接近于 e^R。该性质的直接推论是

$$Ae^{Rn} = \lim_{m \to \infty} A\left(1 + \frac{R}{m}\right)^{mn}$$

这说明，当 m 很大时，式(4-1)变为式(4-2)。

指数函数的一个重要性质是

$$e^x e^y = e^{x+y}$$

两个指数函数相乘，其对应的指数项相加。

假定某投资者投资 100 美元，期限为 4 年。投资的前两年收益率为 5%，后两年收益率为 7%，利率为连续复利。由式(4-2)得出两年后投资变为 $100\,e^{0.05 \times 2} = 110.52$ 美元，在接下来两年，110.52 美元又变为 $110.52 \times e^{0.07 \times 2} = 127.13$ 美元，因此投资在 4 年后的价值说明：以连续复利利率 5% 投资两年，再以连续复利利率 7% 投资两年，其所得收益与 4 年以 6% 的平均利率进行投资所得收益等价。其他复利形式的利率不满足这一性质。

自然对数函数 $\ln(x)$ 是指数函数的反函数。如果 $y = e^x$，那么 $x = \ln(y)$。在前面例子中看到，$e^3 = 20.085\,5$，因为我们可以得出 $\ln(20.085\,5) = 3$。对数函数有以下重要性质：

$$\ln(XY) = \ln(X) + \ln(Y) \quad 及$$

$$\ln(X/Y) = \ln(X) - \ln(Y)$$

在我们的例子中，$\ln(2) = 0.69$，$\ln(3) = 1.10$，因此，$\ln(6) = 0.69 + 1.10 = 1.79$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

5 CHAPTER

第 5 章

远期及期货价格的确定

在本章，我们将讨论远期价格和期货价格与标的资产现货价格之间的关系。远期合约比期货合约更容易分析，因为远期期货不是每日结算，而是在到期日一次性结算。幸运的是，当对于同一资产的远期合约及期货合约的期限相等时，远期合约的价格及期货合约的价格通常比较接近。

在本章开头，我们将推导远期合约价格与现货价格之间的一个重要关系式，然后采用这一结果检验对于股指、外汇及商品远期或期货价格与现货价格之间的关系。下一章将考虑利率期货。

5.1 投资资产及消费资产

在考虑远期及期货合约时，我们应该区分**投资资产**(investment asset)和**消费资产**(consumption asset)。投资资产是众多投资者为投资目的而持有的资产，股票及债券显然为投资资产，黄金及白银也是投资资产。注意，投资资产并不是只能用来投资(例如，白银也有一些工业用途)，但是这些资产一定要被众多投资者只为投资目的而持有。消费资产被持有的目的主要是为了消费而不是投资，消费资产的实例包括铜、石油及猪肉。

在本章我们将看到，对于投资资产，我们可以从无套利假设出发由现货价格及其他市场变量得出远期及期货的价格，对于消费资产却做不到这一点。

5.2 卖空交易

本章所讨论的套利策略有时会涉及**卖空**(short selling)。这一交易策略是指卖出你并不拥有的资产。这种交易对某些资产可行，但并不是对所有资产都可行。我们将以卖空股票来说明如何进

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

行卖空交易。

假定某投资者想通过其经纪人卖空 500 股 IBM 股票，经纪人往往通过借入某位客户的股票，并将股票在交易所进行变卖来执行投资者的指令。投资者可以按其意愿随时持有这一卖空交易，其前提是经纪人可以随时借入股票。在将来某一时刻，投资者可以买入 500 股 IBM 股票并对卖空交易进行平仓，这些买入的股票是用于偿还在此之前借入的股票。当股票价格下跌时，投资者会有所盈利；而当股票价格上涨时，投资者会有所损失。如果经纪人借不到股票，即使投资者不愿意，他也不得不强行平仓。

在卖空交易中，投资者必须向经纪人支付所有的卖空资产的收入。例如，股票的股息和债券的券息等(这些收入是一般情况下卖空资产应得的收入)，经纪人会将这些收入转入证券借出方的账户。假设某投资者在 4 月份股价为 120 美元时进入 500 股卖空交易。7 月份当股价为 100 美元时，对交易进行平仓。假定股票在 5 月份支付了 1 美元股息，在 4 月份卖空交易开始时，投资者收到 500 × 120 = 60 000 美元，在 5 月份，投资者支付 500 × 1 = 500 美元，在 7 月份交易平仓时投资者要支付 500 × 100 = 50 000 美元。投资者的净收益为

$$60\,000 - 500 - 50\,000 = 9\,500 \text{ 美元}$$

在表 5-1 中，我们详细表明了卖空交易的现金流。从表 5-1 我们可以看到，卖空交易中的投资者的现金流就如同在 4 月份买入并在 7 月份卖出的一笔正常股票交易的现金流的翻版。

表 5-1 卖空交易和正常股票买卖的现金流 （单位：美元）

股票买卖	4 月：以每股 120 美元买入 500 股	-60 000
	5 月：收到股息	+500
	7 月：以每股 100 美元卖出 500 股	+50 000
		净利 = -9 500
卖空交易	4 月：借入 500 股并以每股 120 美元卖出	+60 000
	5 月：支付股息	-500
	7 月：以每股 100 美元买入 500 股，偿还卖空股票，平仓	-50 000
		净利 = +9 500

在卖空交易中，卖空方一定要在经纪人那里开立保证金账户，并在保证金账户中存入现金或其他可变卖证券，该账户是为了保证在股票价格上涨时卖空投资者不会违约，这与第 2 章讨论的期货保证金类似。在账户刚刚开立时，投资者要投入一定的初始保证金，当市场变化对投资者不利时，也就是当借入股票的价格上涨时，投资者要投入附加保证金，投资者投入的保证金并不代表投资费用，因为经纪人会以投资者账户上的数量为基准支付利息，如果支付利息的利率对投资者不可接受，则投资者可在保证金账户中存入可变卖证券，如政府国债，以满足要求。

在某些交易所，例如纽约交易所，只允许在证券价格升档(uptick)时，即证券价格在最近一段时间呈上升状态时才允许卖空。但当交易者的卖空交易是为了复制股指的一揽子股票时，可以不受这一限制。

随着时间的变化，关于卖空交易的监管条例也在变化。2007 年 7 月，SEC 取消了升档规则，但在 2009 年 4 月又重新恢复。升档规则是指，证券价格在最近一段时间成上升状态时才允许卖空。2008 年 9 月 19 日，为了阻止银行股下跌，SEC 临时禁止卖空 700 多家美国公司的股票，类似的禁令在前一天被英国金融服务局采用。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

5.3 假设与符号

本章假定，对于某些市场参与者而言，以下假设全部成立：

- 无交易成本；
- 对于所有交易净利润使用同一税率；
- 能够以同样的无风险利率借入及借出资金；
- 当套利机会出现时，他们会进行套利。

注意，我们并不要求这些条件对于所有市场参与者均成立，只要求至少对部分参与者(如主要衍生品交易商)近似成立。正是这些主要交易商的行为以及他们积极地寻找套利机会的心态决定了远期价格与现货价格的关系。

本章我们将要采用以下符号：

T——远期及期货的期限(以年为计)；

S_0——远期及期货标的资产的现价；

F_0——当前的远期及期货价格；

r——无风险零息年利率，这一利率的期限对应于远期及期货的到期日(即 T 年以后)，连续复利。

无风险利率 r 在理论上是指，在无信用风险的前提下(即资金一定全被偿还的情况下)，借入及借出资金的利率。如第 4 章所述，金融机构以及其他衍生市场参与者认为，LIBOR 是相应的无风险利率，而不是国债利率。

5.4 投资资产的远期价格

最容易定价的远期合约是基于不提供任何中间收入的投资资产的合约，无股息股票及零息债券属于这一类资产。

考虑一个 3 个月期的无股息远期合约的长头寸，合约持有者将买入股票。[⊖]假定股票的当前价格为 40 美元，3 个月期的无风险利率为每年 5%。

首先假定远期的价格相对较高，为 43 美元。某套利者能够以无风险利率 5% 借入 40 美元，并利用资金购买一只股票，同时进入 3 个月期远期合约的短头寸(即在远期合约中将卖出股票)。偿还贷款的现金总量为

$$40e^{0.05\times3/12}=40.50 \text{ 美元}$$

通过这一策略，套利者在 3 个月结束时获得的盈利为 43 - 40.50 = 2.50 美元。

接下来假定远期的价格相对较低，为 39 美元。这时，套利者可以卖空一只股票，并将卖空股票所得资金以 5% 的利率投资 3 个月，并同时进入一个 3 个月远期合约的长头寸。卖空股票资金的投资在 3 个月后会涨至 $40e^{0.05\times3/12}=40.50$ 美元。在 3 个月后，套利者支付 39 美元，按照远期合约收入股票，并将股票用于卖空交易的平仓，套利者在 3 个月后的盈利为 40.50 - 39 = 1.50 美元。表 5-2 是对以上两个交易策略的总结。

⊖ 在实践中，关于单一股票的远期合约并不常见，但是这一实例对我们说明问题很有帮助。自 2002 年 11 月以来，美国市场也开始交易关于单一股票的期货。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表 5-2 远期价格与现货价格的脱节所引发的套利机会

	远期价格 = 43 美元	远期价格 = 39 美元
现在的交易	以 5% 利率借入 40 美元，期限为 3 个月 买入一份资产 进入一份远期合约，在合约中同意在 3 个月时以 43 美元卖出资产	卖空一只股票，收入现金 40 美元 将 40 美元以 5% 的利率投资 3 个月 进入一份远期合约，在合约中同意在 3 个月时以 39 美元买入资产
3 个月后的交易	以 43 美元的价格卖出资产 偿还贷款本息 40.50 美元	以 39 美元买入资产 对卖空交易进行平仓，收入 40.50 美元投资收入
	实现盈利为 2.50 美元	实现盈利为 1.50 美元

注：这里的标的资产不提供任何中间收入(资产价格为 40 美元，利率为 5%，远期合约的期限为 3 个月

在什么情况下表 5-2 所显示的套利机会不再存在呢？第 1 种套利在远期价格大于 40.50 美元时成立；第 2 种套利在远期价格小于 40.50 美元时成立。因此我们可以得出，为了保证无套利机会，远期价格必须为 40.50 美元。

5.4.1 实例推广

为了推广以上实例，考虑某投资资产的远期价格。投资资产的当前价格为 S_0，该资产不提供任何中间收入。我们采用的符号含义如下：T 为期限，r 为无风险利率，F_0 为远期价格，F_0 与 S_0 的关系式为

$$F_0 = S_0 e^{rT} \tag{5-1}$$

如果 $F_0 > S_0 e^{rT}$，套利者可以买入资产并进入远期合约的短头寸进行套利；如果 $F_0 < S_0 e^{rT}$，套利者可以卖空资产并进入远期合约的长头寸来进行套利。[⊖] 在我们的例子中，$S_0 = 40$，$r = 0.05$，$T = 0.25$。因此，由式(5-1)得出

$$F_0 = 40e^{0.05 \times 0.25} = 40.50 \text{ 美元}$$

这同以上的计算结果一致。例 5-1 也提供了式(5-1)的又一应用实例。

【例 5-1】 不提供中间收入的资产的远期价格

考虑一份 4 个月期限的远期合约，该合约的长头寸持有者可以在 4 个月时买入从今天起 1 年后到期的零息债券(这意味着当远期合约到期时，债券的剩余期限为 8 个月)。债券的当前价格为 930 美元，假定 4 个月期限的无风险利率为每年 6%(连续复利)。因为零息债券不提供中间收入，我们可以采用式(5-1)，输入参数为 $T = 4/12$，$r = 0.06$，$S_0 = 930$。远期价格 F_0 为

$$F_0 = 930e^{0.06 \times 4/12} = 948.79 \text{ 美元}$$

这一价格是今天成交的远期合约的行使价格。

一个远期合约的长头寸以及在现货市场买入资产都会造成在时间 T 拥有资产。买入资产并在远期期限内持有资产会带来融资成本，因此远期价格会高于现货价格。在 1994 年，这一成本曾

⊖ 还有另一种证明式(5-1)的方法。考虑以下策略：买入一份资产并且进入远期合约的短头寸，在远期合约中以 F_0 价格卖出资产，这一交易成本为 S_0，在将来的现金流入为 F_0。因此，S_0 一定等于 F_0 的贴现值：$S_0 = F_0 e^{-rT}$，其等价形式为 $F_0 = S_0 e^{rT}$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

被投资商基德公司(Kidder Peabody)忽略(见业界实例 5-1)。

业界实例 5-1 基德公司令人难堪的错误

目前投资银行已经开发出许多产生**零息债券**(strip)的方式，零息债券的产生方式是通过将有息债券的券息的现金流进行出售而生成。券商基德公司(Kidder Peabody)的一个交易员约瑟夫．吉特有一种非常简单的交易方式，其做法是买入零息债券然后将其在远期市场出售，远期市场的价格总是高于现货市场，因此表面看来这位交易员发现了印钞机！事实上，远期市场同现货市场的差别仅仅是因为融资费用造成的。例如，假定3个月期的利率为每年4%，零息债券市价为70美元，3个月期零息债券远期的价格应该是 $70e^{0.04\times 3/12}=70.70$ 美元。

基德公司的计算机系统显示，吉特的每一笔交易的盈利都等于远期价格同现货价格的差(本例中为 0.70 美元)，将每一笔远期进行延长，吉特可以避免应计的融资费用，最后系统显示吉特交易盈利为 1 亿美元(吉特也因此拿到了一笔可观的分红)，但吉特的实际损失为3.5亿美元。这一实例表明一家大型金融机构也可能会犯简单低级的错误。

5.4.2 不允许卖空会怎么样

并不是所有的资产都可以用于卖空交易。但这种情形出现时，对以上结果不会有太多影响。为了导出式(5-1)，我们并不需要对资产进行卖空。我们所需要的假设是这种资产必须被相当数量的投资者以投资目的持有(由定义知道，对于某个投资资产，这一假设一定正确)。如果远期价格太低，投资者会卖出资产并进入远期合约的长头寸。

假定某标的资产为黄金，并且假定没有贮存费用及中间收入。如果 $F_0 > S_0e^{rT}$，投资者可以采取以下交易策略：

1. 借入 S_0 数量的美元，利率为 r，期限为 T；
2. 买入一盎司黄金；
3. 进入规模为一盎司的黄金期货的短头寸。

在 T 时刻，一盎司黄金的期货价格为 F_0，这时偿还贷款所需资金为 S_0e^{rT}，投资者的盈利为 $F_0 - S_0e^{rT}$。

接下来假设 $F_0 < S_0e^{rT}$，这时拥有一盎司黄金的投资者可以采取以下交易策略：

1. 以 S_0 的价格卖出黄金；
2. 将所得资金以收益率 r 进行投资，期限为 T；
3. 进入规模为一盎司的黄金期货的长头寸。

在 T 时刻，现金投资会涨至 S_0e^{rT}。投资者从期货合约中以 F_0 价格买入黄金，该投资者同一直持有黄金的投资者相比，所得额外盈利为 $S_0e^{rT} - F_0$。

类似于以上考虑的无股息股票，我们可以期望远期价格会得到调整以使得以上讨论的两种套利不再存在。这意味着式(5-1)一定成立。

5.5 提供已知中间收入的资产

在本节，我们考虑会为投资者提供可预见中间收入的资产的远期价格，这类产品包括提供股息的股票及提供券息的债券。我们采取的方式与上节类似，首先考虑数值实例，然后再给出正式讨论。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

考虑一个可以买入某带息债券的远期合约的长头寸，债券的当前价格为900美元。假定远期合约的期限为9个月，再假定在4个月后有40美元的券息付款，并且4个月期和9个月期的利率(连续复利)分别为3%和4%。

首先假定远期价格为910美元，这一价格相对较高。套利者可以借入900美元购买债券，并且进入远期合约的短头寸，券息的当前价值为 $40e^{-0.03\times4/12}=39.60$ 美元。在900美元的价格中，其中有39.60美元所对应的利率为年率3%，期限为4个月，这笔资金在4个月时可用券息来偿还，其他部分资金(即860.40美元)所对应的利率为9个月期的利率。这笔资金在9个月后变为 $860.4e^{0.04\times0.75}=886.60$ 美元。按照远期合约条款，投资者在远期合约中卖出证券收入为910美元，因此投资者的盈利为 $910-886.60=23.40$ 美元。

接下来假定远期价格为870美元，这一价格相对较低。套利者可以卖空债券并同时进入远期合约的长头寸。在卖空交易所得的900美元资金中，将其中39.60美元以3%的利率投资4个月，在4个月时这笔资金足够偿还债券的券息。剩余的860.40美元以4%的利率投资9个月，在到期时这笔资金变为886.70美元。根据远期合约，投资者能够以870美元买入债券，然后将卖空交易进行平仓，投资者的收入为 $886.60-870=16.60$ 美元。表5-3是对以上两种套利策略的总结。[㊀]

表5-3 一份9月期远期合约价格与现货价格脱节所产生的套利机会[㊁]

	远期价格=910美元	远期价格=870美元
现在交易	借入900美元：其中39.60美元为4个月期，另外860.40美元为9个月期 买入一份资产 进入远期合约的短头寸，即在9个月时以910美元的价格卖出资产	卖空一份资产，收入900美元 将一部分资金39.60美元投资4个月，将另外一部分资金860.40美元投资9个月进入远期合约(长头寸)，即在9个月时可以以870美元买入资产
4个月以后的交易	收入40美元 用40美元偿还第1笔贷款	收入投资收益，即40美元 偿还卖空资产40美元的中间收入
9个月以后的交易	卖出资产，收入910美元 利用886.60美元来偿还第2笔贷款(即初始的860.40美元)	从9个月的投资中收入886.60美元 以870美元的价格买入资产，对卖空交易进行平仓
	实现利润为23.40美元	**实现利润为16.60美元**

表5-3显示，第1个策略在远期价格大于886.60美元时会产生套利机会，第2个策略在远期价格小于886.60美元时会产生套利机会。因此，在没有套利的情况下，远期价格为886.60美元。

实例推广

我们可以将以上实例进行推广，当投资资产在远期合约期限内提供的中间收入的贴现值为 I 时，我们有以下关系式

$$F_0=(S_0-I)e^{rT} \tag{5-2}$$

在我们的例子中，$S_0=900.00$，$I=40e^{-0.03\times4/12}=39.60$，$r=0.04$，$T=0.75$，因此

$$F_0=(900-39.60)e^{0.04\times0.75}=886.60 \text{ 美元}$$

这与前面的计算结果一致。式(5-2)适用于任何提供中间收入的投资资产。例5-2也提供了

㊀ 如果债券不允许卖空，拥有债券的投资者可以卖出债券并同时进入一个远期合约的长头寸，这样做投资者可以得到额外利润16.60美元。这一点与第5.4节所描述的黄金交易策略类似。

㊁ 这里资产提供已知的现金收入(资产价格为900美元；在4个月时的中间收入为40美元；4个月期及9个月期的利率分别为年率3%和4%)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

式(5-2)的另一个应用。

【例5-2】 提供已知中间收入资产的远期价格

考虑某股票10个月期限的远期价格，股票的当前价格为50美元，假定对于所有期限的以连续复利计量的无风险利率为8%。在3个月、6个月、9个月后股票会支付0.75美元的股息。股息的当前价格 I 为

$$I = 0.75e^{-0.08\times3/12} + 0.75e^{-0.08\times6/12} + 0.75e^{-0.08\times9/12} = 2.162$$

变量 T 为10个月，因此式(5-2)中的远期价格 F_0 为

$$F_0 = (50 - 2.162)e^{0.08\times10/12} = 51.14 \text{ 美元}$$

如果远期价格小于以上价格，套利者能够以现货价格卖空股票并且进入远期合约长头寸。如果远期价格大于以上价格，套利者可以进入远期合约的短头寸并且以现货价格买入股票。

如果 $F_0 > (S_0 - I)e^{rT}$，套利者可以买入资产并且进入资产的远期合约的短头寸来获得盈利；如果 $F_0 < (S_0 - I)e^{rT}$；套利者可以卖空资产并且进入资产的远期合约的长头寸来获得盈利。如果卖空交易不可行，拥有资产的投资者可以卖出资产，并同时进入远期合约的长头寸来获得套利机会。[⊖]

5.6 收益率已知的情形

现在考虑远期合约的标的资产支付一个已知的收益率，而非既定现金收入的情形。这意味着在中间收入支付时，其数量是资产价格的一定比例。假定某资产预计支付的收益率为5%，这可能意味着资产每年支付一次收入，其收入为资产价格的5%(这时收益率为每年复利)；也可能意味着收入支付为一年两次，每次支付收入的数量等于资产价格的2.5%(这时收益率为每年复利两次)。第4.2节曾指出，我们后面一般采用连续复利的形式对利率进行计量。类似地，我们也采用连续复利的形式对收益率进行计量。转换收益率的计算公式与第4.2节中给出的转换利率计量形式的公式没有什么不同。

定义 q 为资产在远期期限内的平均年收益率，计算形式为连续复利。我们可以证明(见练习题5.20)：

$$F_0 = S_0e^{(r-q)T} \tag{5-3}$$

例5-3是以上公式的一个应用。

【例5-3】 提供中间收益率的资产的远期价格

考虑一份6个月期的远期合约，合约标的资产在6个月期限内预计提供的中间收入等于资产价格的2%。连续复利的无风险利率为10%，资产价格为25美元，此时 $S_0 = 25$，$r = 0.10$ 及 $T = 0.5$，收益率为每年4%(半年复利一次)。由式(4-3)得出，这一收益率在连续复利情形下为3.96%。因此 $q = 0.0396$。由式(5-3)得出，远期价格为

$$F_0 = 25e^{(0.10-0.0396)\times0.5} = 25.77 \text{ 美元}$$

⊖ 还有另一种证明式(5-2)的方法。考虑以下策略：买入一份资产并且进入远期合约的短头寸，在远期合约中，在时刻 T 以 F_0 价格卖出资产，交易成本为 S_0。在将来时刻 T 的现金流入为 F_0，将来流入的现金流的贴现值为 I。最初现金流的流出 S_0。所有的流入现金流的贴现值为 $I + F_0e^{-rT}$，因此 $S_0 = I + F_0e^{-rT}$，其等价形式为 $F_0 = (S_0 - I)e^{rT}$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

5.7 远期合约的定价

在刚刚进入远期合约时，其价格为0。进入合约之后，远期合约价值可能为正也可能为负。采用以往的符号，假定 F_0 是一定时间之前成交的远期合约的当前价格，远期合约的期限从今天算起剩余期限为 T，r 是期限为 T 的无风险利率，我们定义：

K——合约中的行使价格；

f——远期合约今天的价值。

对于远期合约的长头寸方而言(对于投资资产及消费资产均正确)，合约的价值为

$$f = (F_0 - K)e^{-rT} \tag{5-4}$$

了解远期的价格 F_0 与远期今天的价格 f 不同，对于我们非常重要。在远期合约的初始，资产的行使价格等于远期价格，因此 $f=0$。随着时间的推移，远期价格 F_0 和远期合约的价值 f 均会有所变化。

为了说明式(5-4)的合理性，我们采用类似于第4.7节证明远期利率合约价格的说明方式。将一个具有行使价格 F_0 的远期合约的长头寸与另外一个只有行使价格不同的远期合约进行比较。这里，第2份远期合约的行使价格为 K。这两份合约唯一的不同之处在于在时间 T 买入标的资产的价格不同。在第1份合约中，买入资产需要支付 F_0；在第2份合约中，买入资产需要支付 K。在 T 时刻的现金流差异 $F_0 - K$，其现值为 $(F_0 - K)e^{-rT}$。因此，行使价格为 F_0 的合约价格要小于行使价格为 K 的合约价格，其差别为 $(F_0 - K)e^{-rT}$。由定义出发，具有行使价格 F_0 的合约的今天的价值为0，因此具有行使价格 K 的合约的今天的价值为 $(F_0 - K)e^{-rT}$。于是，式(5-4)成立。类似地，具有行使价格 K 的远期合约的短头寸的价值为

$$(K - F_0)e^{-rT}$$

例5-4是式(5-4)的一个应用。

【例5-4】 远期合约定价

一个对于某一无股息的股票的远期合约的长头寸是在一段时间以前成交的。这一远期合约还有6个月到期。无风险利率(连续复利)为10%，股票价格为25美元，远期合约的行使价格为24美元。这时 $S_0 = 25$，$r = 0.10$，$T = 0.5$ 及 $K = 24$。由式(5-1)得出6个月期的远期合约的价格 F_0 为

$$F_0 = 20\,e^{0.1\times0.5} = 26.28 \text{ 美元}$$

由式(5-4)得出，远期合约的价值为

$$f = (26.28 - 24)e^{-0.1\times0.5} = 2.17 \text{ 美元}$$

式(5-4)说明，在我们对一个资产的远期合约进行定价时，可以假定资产在远期合约到期时的价格等于远期价格 F_0。为了说明这一点，注意在做出假设之后，远期合约在 T 时刻的收益为 $F_0 - K$，其贴现值为 $(F_0 - K)e^{-rT}$，这与式(5-4)中 f 的价值一致。类似地，我们对于远期合约的短头寸进行定价时也可以假定远期价格在将来会实现，这一假设与第4.7节中的假设类似。在第4.7节对远期利率合约定价时，我们曾假设远期利率在将来会实现。

将式(5-4)与式(5-1)并用，我们可以得出，不支付中间收入的资产的远期合约价值为

$$f = S_0 - Ke^{-rT} \tag{5-5}$$

类似地，将式(5-4)与式(5-2)并用，我们可以得出支付中间收入的贴现值为 I 的资产的远期合约价值为

$$f = S_0 - I - Ke^{-rT} \tag{5-6}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

最后，将式(5-4)与式(5-3)并用，我们可以得出提供中间收益率 q 的资产的远期合约的价值为

$$f = S_0e^{-qT} - Ke^{-rT} \tag{5-7}$$

当期货价格变化时，期货合约的收益等于其价格变化乘以持有期货的头寸数量。由于期货合约每日结算，因此其收益几乎马上就可以兑现。式(5-4)表明，当远期价格变化时，其盈亏等于远期价格的变化的贴现，乘以其头寸的数量。外汇交易和远期及期货收益的不同可能会给外汇交易平台带来困扰(见业界实例5-2)。

业界实例 5-2　是系统错误吗

某银行的外汇交易员进入了一个远期合约的长头寸，在合约中该交易员将在3个月时以汇率1.600 0买入100万英镑。同时，另外一个交易平台的交易员进入了一个有16份3个月期限期货的长头寸，期货价格为1.600 0，并且每份期货的规模为62 500英镑，因此远期与期货交易的头寸一样。进入交易后，远期和期货价格都涨至1.604 0。银行系统显示期货交易员获利4 000美元，但远期合约交易员的获利只有3 900美元。远期合约交易员马上打电话给银行系统部门进行抱怨。远期合约交易员的抱怨合理吗?

答案是否定的！期货合约每天进行结算保证了交易员马上兑现盈利，盈利数量等于期货价格的涨幅。如果远期合约交易员马上对其头寸进行平仓，即进入行使价格为1.604 0的远期合约的短头寸，远期合约交易员在3个月时能够以1.600 0的汇率买入100万英镑，并同时能够以1.604 0价格卖出100万英镑，因此会获得4 000美元盈利，但这一盈利是在3个月以后。远期合约交易员的盈利为4 000美元的贴现值，这与式(5-4)等价。

远期合约交易员可以从盈利和亏损的对称性中得到补偿，如果远期/期货价格下跌至1.596 0，而不是上升到1.604 0，那么期货交易员马上会损失4 000美元，而远期合约交易员却只损失390 0美元。

5.8 远期与期货价格相等吗

当无风险利率对所有期限均为常数时，理论上，两个具有同样期限及行使价格的远期及期货合约的价格相等。当利率变化无法预测(正如现实世界中那样)时，远期价格与期货价格从理论上讲会有所不同。

通过考虑标的资产价格 S 与利率高度正相关的情形，我们会对两者之间的关系有一个感性的认识。当 S 上升时，一个期货长头寸的持有者因为期货的每日结算会马上获利。期货价格与利率的正相关性造成利率也可能马上上升，这时获得的利润将高于以平均利率作为收益的投资所带来的利润。同样，当 S 下跌时，投资者马上会遭受损失，这时亏损的融资费用会低于平均利率。持有远期长头寸而不是期货长头寸的投资者将不会因为利率的这种上下波动而受到影响。因此，在其他条件相同的情况下，期货的长头寸比远期的长头寸更具吸引力。因此，当 S 与利率有高度正相关性时，期货价格会稍稍高于远期价格；当 S 与利率有高度负相关性时，通过采用类似的讨论我们可以得出远期价格会稍稍高于期货价格。

在期限小于几个月时，期货与远期价格的理论差异在大多情形下可以忽略。在实践中，理论模型中几个没有包括的因素会造成远期与期货价格的不同，包括税收、交易费用以及对于保证金的处理等。因为交易所清算中心的作用，期货合约中的对手违约风险很小，另外，有时期货合约的市场流动性要比远期合约好。虽然有这么多不确定因素，但对于大多数情形，我们仍然可以比较合理地假定远期价格等于期货价格。在本书中，我们常常采用这一假定，我们将用符号 F_0 来

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表示某标的资产的远期及期货的当前价格。

欧洲美元期货提供了远期合约与期货合约存在差异的实例，我们将在第6章中讨论这一点。

5.9 股指期货价格

我们在3.5节介绍了股指期货，并指出股指期货是管理股权组合非常有用的工具。下面来研究股指期货的定价。

股指可以被看成是支付一定股息的投资资产。[⊖]这一投资资产是构成股指的股票组合，投资资产股息等于构成资产所支付的股息。通常假定股息是收益率而不是一定的现金收入。如果 q 为股息收益率，式(5-3)给出的期货价格 F_0 为

$$F_0 = S_0 e^{(r-q)T} \tag{5-8}$$

例5-5是以上公式的应用。

【例5-5】 计算股指期货的价格

考虑一份S&P 500的3个月期的期货合约。假定构成股指的股票提供1%的年收益率，股指的当前价格为1 300，连续复利的无风险利率为年率5%。此时，$r = 0.05$，$S_0 = 1\ 300$，$T = 0.25$，$q = 0.01$，因此期货价格 F_0 等于

$$F_0 = 1\ 300 e^{(0.05-0.01)\times 0.25} = 1\ 313.07 \text{ 美元}$$

在实践中，构成股指的股息收益率在一年当中每周都会有所变化。例如，NYSE的股票大部分股息是在每年的2月份、5月份、8月份和11月份的第一周支付。股息收益率 q 应该是在期货合约期限内平均的年收益率，用于估计 q 的股息的除息日应在期货的期限之内。根据第3章中的表3-3，我们可以得出12月份S&P 500期货价格比9月份的期货价格低0.05%。由式(5-8)得出，S&P 500股息收益率超出美国短期无风险利率的数值为每季度0.05%，即每年0.2%。

| 业界实例5-3 | CME的日经225指数期货合约

在本章说明的期货价格确定方式中，我们需要假定股指为投资资产，这意味着股指必须为可交易资产组合的价值。在CME交易的日经225股指期货不满足这一要求，其原因并不显而易见。假定 S 为日经225指数的价格，该价格是以日元计量的日本225只股票组合的价格。CME交易的日经225指数的期货标的变量为5倍的 S 所对应的美元价格。换句话说，虽然股指期货的标的变量以日元计量，但期货的价格单位直接以美元计量。

我们不能投资于价值为5 S 美元的投资组合，我们所能做的是投资于5S日元的组合，这时其价值永远是5 QS 美元，其中 Q 为1日元所对应的美元数量。变量5S美元不对应于任何投资资产的价格，因此式(5-8)不成立。

CME的日经225指数期货是交叉货币度量衍生产品(quanto)的一个实例。交叉货币度量衍生产品的标的资产以一种货币计量，但收益以另一种货币支付。

⊖ 有时情况并非如此，见业界实例5-3。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

指数套利

如果 $F_0 > S_0e^{(r-q)T}$，我们可以通过以现货价格(即马上支付)买入构成指数的股票，并且同时卖出指数期货合约而获利。如果 $F_0 < S_0e^{(r-q)T}$，可以通过相反的操作，即卖空或卖出构成指数的股票，并且同时进入指数期货的长头寸而获利。这种交易策略就是所谓的**指数套利**(index arbitrage)。当 $F_0 < S_0e^{(r-q)T}$ 时，指数套利可能会被拥有指数成分股票组合的养老金基金采用。当 $F_0 > S_0e^{(r-q)T}$ 时，则可能会被持有短期货币市场资金的企业采用。对于一些包含很多股票的指数而言，指数套利有时是通过交易量相对较少的有代表性的股票进行的，这些有代表性的股票的变化与指数的变化较为接近。指数套利经常是通过程序交易(program trading)进行的，这种方法通过计算机系统来产生交易指令。

在大多数时间，套利者的行为保证了式(5-8)的成立。但套利有时是不可行的，期货价格会脱离其与现货价格的关系式(见业界实例 5-4)。

业界实例 5-4　1987 年 10 月的指数套利

为进行指数套利，交易员必须能够在市场得到报价后很快地同时交易指数期货及构成股指的股票。在正常市场条件下，交易员可以采用程序交易，并且式(5-8)成立。1987 年 10 月 19 日和 20 日的市场绝非正常市场。1987 年 10 月 19 日被称为“黑色星期一”。在这一天，市场下跌了 20%，其 6.04 亿股股票的交易量轻易地打破了以往的纪录。交易所的计算机系统超载运转。如果你在当天发出一个买入或卖出股票的指令，可能要等上一两个小时才能完成交易。

在 1987 年 10 月 19 日这一天，期货价格远低于标的股指的价格。例如，在交易日结束时，股指 S&P 500 收盘价为 225.06(当天下跌了 57.88 点)，12 月到期的 S&P 500 股指期货的收盘价为 201.50(当天下跌了 80.75 点)。这主要是因为交易的延迟，从而造成套利变得不可能。在第二天，即 1987 年 10 月 20 日星期二，纽约股票交易所暂时停止了程序交易，这使得指数套利变得更加困难，此时传统意义上的股票价格与期货价格的关系被打破。在当天的某一时刻，12 月份交割的期货价格比 S&P 500 股指的价格低 18%。但是，几天以后市场恢复了正常，套利者的行为保证了期货与现货价格之间的关系式，即式(5-8)的成立。

5.10　货币的远期和期货合约

现在考虑外汇的远期和期货合约，我们以美国投资者的角度来看待这一问题。这里的标的资产是一个单位的外币，因此我们定义变量 S_0 为一单位外币的美元价格，F_0 为一单位外币的远期或期货价格。这种定义与我们定义其他远期和期货的标的资产的形式一致(但是，正如第 2.10 节所述，这种报价方式并不一定就是外汇现货和远期汇率的市场报价方式。除英镑、欧元、澳元及新西兰元之外的主要货币的现货及远期的报价通常是一美元所对应的外币数量)。

外币具有以下性质：外币持有人可以取得货币发行国的无风险利率。例如，外币持有人可将货币投资于以外币计量的债券。我们定义 r_f 为期限为 T 的外币无风险利率，变量 r 为对应于同样期限的美元无风险利率。F_0 与 S_0 有以下关系式

$$F_0 = S_0e^{(r-r_f)T} \tag{5-9}$$

这就是国际金融领域著名的利率平价关系式，图 5-1 阐述了该公式成立的原因。假定某投资者开始持有 1 000 单位外币，该投资者有两种办法可以在 T 时刻将外币转变为美元。一种办法是以 r_f

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

的收益率将外汇进行投资，期限为 T，同时进入将所有投资的本息转化为美元的远期合约，这种办法在时间 T 会产生 1 000 $F_0e^{r_fT}$ 数量的美元。另一种办法是将外汇在外汇现货市场转换成美元，然后再将美元以利率 r 投资 T 年，这种办法在时间 T 会产生数量为 1 000S_0e^{rT} 的美元。在没有套利的条件下，以上两种办法会取得同样的效果，即

$$1\ 000\ F_0e^{r_fT}=1\ 000\ S_0e^{rT}$$

因此

$$F_0=S_0e^{(r-r_f)T}$$

例 5-6 说明了美元与澳元汇率的套利机会。

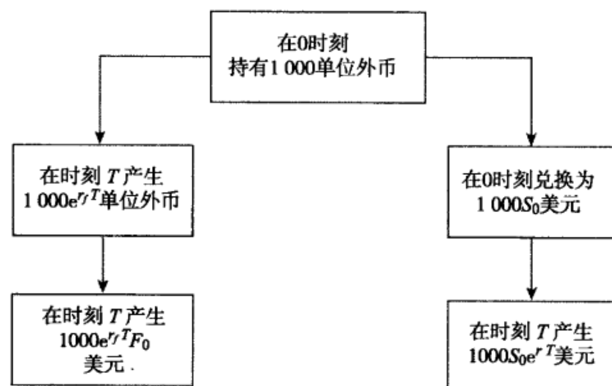


图 5-1 两种将外汇在时刻 T 转换成美元的方法

注：S_0 为即期汇率；F_0 为远期汇率；r 和 r_f 分别为美元与外币无风险利率。

【例 5-6】 外汇远期和即期市场的套利

假定澳元与美元的 2 年期无风险利率分别为 5% 和 7%，并且澳元与美元的汇率为 0.62（即 1 澳元所对应的美元数量）。由式(5-9)得出，2 年期的远期汇率应该等于

$$0.62e^{(0.07-0.05)\times2}=0.645\ 3$$

首先假定 2 年期的远期汇率小于以下数量，其值为 0.63。套利者可以进行以下交易：

1. 以 5% 的利率借入 1 000 澳元，期限为 2 年。将澳元转化为 620 美元，并以 7% 的美元利率投资 2 年（两个利率均为连续复利）。

2. 进入一个远期合约，在合约中以 1 105.17 × 0.63 = 696.26 美元的价格买入 1 105.17澳元。

以 7% 的收益率投资的 620 美元在 2 年后会增长到 $620e^{0.07\times2}$ = 713.17 美元。其中有 696.26 美元用于在远期合约中买入的 1 105.17 澳元，这可以用于偿还借入 1 000 澳元所产生的本息（即 1 $000e^{0.05\times2}$ = 1 105.17）。这种策略所产生的无风险盈利为 713.17 − 696.26 = 16.91 美元（如果这一结果听起来不太令人振奋，你可以设想一下借入 1 亿澳元并采取以上策略所产生的结果）。

接下来，假定 2 年远期的价格为 0.660 0（大于由式(5−9)得出的数量 0.645 3）。这时，套利者可以进行以下交易：

1. 以 7% 的利率借入 1 000 美元，期限为 2 年，并将资金转化为 1 000/0.62 = 1 612.90 澳元，然后将澳元以 5% 的利率进行投资。

2. 进入 2 年期的远期合约，在合约中卖出 1 782.53 澳元，收入美元数量为 1 782.5 × 0.66 = 1 176.47 美元。

以 5% 的收益率投资的 1 612.90 澳元在 2 年后会增长到 1 $612.90e^{0.05\times2}$ = 1 782.53 澳元。远期合约将这笔资金转化为 1 176.47 美元。偿还美元贷款的数量为 1 $000e^{0.07\times2}$ = 1 150.27 美元。因此，这种交易策略会产生 1 176.47 −

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

1 150.27 = 26.20 美元的无风险收益。

表 5-4 是 2009 年 8 月 4 日的外汇期货报价，这里的价格对应于外汇所对应的美元数量，这种方式通常是期货的约定报价方式。这时，式(5-9)成立，其中 r 为美元无风险利率，r_f 为外汇的无风险利率。

表 5-4 2009 年 8 月 4 日《华尔街日报》所给出的外汇期货价格

Currency Futures

Japanese Yen (CME)-¥12,500,000; $ per 100¥						
Sept	1.0502	1.0604	1.0479	**1.0502**	.0007	79,264
Dec	1.0523	1.0612	1.0491	**1.0512**	.0007	276
Canadian Dollar (CME)-CAD 100,000; $ per CAD						
Sept	.9381	.9408	.9289	**.9309**	-.0061	97,923
Dec	.9405	.9408	.9295	**.9312**	-.0061	2,682
British Pound (CME)-£62,500; $ per £						
Sept	1.6932	1.7004	1.6886	**1.6920**	.0001	102,777
Dec	1.6918	1.6992	1.6884	**1.6917**	.0001	810
Swiss Franc (CME)-CHF 125,000; $ per CHF						
Sept	.9448	.9459	.9397	**.9426**	-.0013	41,694
Dec	.9453	.9467	.9410	**.9436**	-.0014	124
Australian Dollar (CME)-AUD 100,000; $ per AUD						
Sept	.8395	.8446	.8360	**.8393**	.0013	104,132
Dec	.8345	.8383	.8302	**.8331**	.0011	401
Mexican Peso (CME)-MXN 500,000; $ per 10MXN						
Aug	...	...	...	**.76175**	-.00050	0
Sept	.75850	.76025	.75500	**.75725**	-.00050	59,075
Euro (CME)-€125,000; $ per €						
Sept	1.4418	1.4433	1.4368	**1.4389**	-.0020	138,881
Dec	1.4422	1.4430	1.4369	**1.4388**	-.0021	1,821

注：表中各列分别代表月份、开盘价、最高价、最低价、变化量及未平仓合约数量等。

2009 年 8 月 4 日，日元、加元及瑞士法郎的利率均低于美元利率，这对应于 $r > r_f$ 的情形。这解释了表 5-4 中随着期限上升期货价格有所上涨的现象；英镑、澳元、墨西哥比索和欧元的利率高于美元，这对应于 $r_f > r$ 的情形，这解释了对于这些货币，随着期限上升期货价格有所下降的现象。

例 5-7 估算了由表 5-4 隐含的澳元与美元的利率差距。

【例 5-7】 估算利率差异

在表 5-4 中，12 月份交割的澳元价格比 9 月份交割的澳元价格低 0.74%，这说明短期期货价格以每年 2.96% 的速度减少。由式(5-9)得出，这一数量大约等于 2009 年 8 月 4 日澳元短期利率与美元短期利率之差。

将外汇作为提供已知收益率的资产

注意，如果以 r_f 代替 q，式(5-9)与式(5-3)等同，这并非偶然。一个外币可以看作为提供已知收益率的资产，这里的收益率为外汇的无风险利率。

为了理解这一点，注意外汇提供利息与外汇的价值有关。假定英镑利率为 5%。对于美元投资者而言，这一外币提供的收入以英镑计量为 5%。换句话讲，英镑是提供 5% 年收益率的资产。

5.11 商品期货

接下来考虑商品期货，我们首先考虑类似黄金和白银这类投资资产的期货价格[⊖]，然后考虑消费资产的期货价格。

⊖ 一项资产作为投资资产，并不一定只是用于投资。我们所做的假设如下：有些人持有这些资产作为投资，当看到期货投资更为合理时，他们会变卖资产并进入期货的长头寸。这一观点解释了白银虽然有广泛的工业用途，但仍可被视为投资资产。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

5.11.1 收入及储存费用

如业界实例 3-1 所示，黄金生产商的对冲策略会造成一部分投资商要借入黄金。类似于中央银行这样的黄金持有者在借出黄金时会索取利息，利息对应于所谓的黄金借出利率(gold lease rate)。对于白银也是一样。因此，黄金和白银会为其拥有者提供收入，在本例中，我们忽略这种收入，但是我们需要考虑储存费用。

在没有储存费用及中间收入时，式(5-1)给出了投资资产的远期价格为

$$F_0 = S_0 e^{rT} \tag{5-10}$$

储存费用可被视为负收入。假定 U 为期货期限之间所有储存费用的贴现值。由式(5-2)得出

$$F_0 = (S_0 + U)e^{rT} \tag{5-11}$$

例 5-8 是以上公式的应用。

如果储存费用与商品价格成正比，这时的费用可被视为负收益。由式(5-3)得出

$$F_0 = S_0 e^{(r+u)T} \tag{5-12}$$

其中，u 为储存费用占剔除了资产中间收入的现货价格的比率。

【例 5-8】 黄金的期货价格

考虑一年期的黄金期货合约。假定黄金不提供中间收入，并假定每年储存一盎司黄金的费用为 2 美元，在年末收费。黄金的现货价格为 600 美元，对于所有期限的无风险利率均为 5%。因此 $r = 0.05$，$S_0 = 600$，$T = 1$。

$$U = 2e^{-0.05\times1} = 1.9$$

由式(5-11)得出 F_0 的理论价格为

$$F_0 = (600 + 1.90)e^{0.05\times1} = 632.76 \text{ 美元}$$

期货价格太高的情形

假定真正的黄金期货价格高于 632.76 美元，比如 700 美元，套利者可以：

1. 以 5% 的无风险利率借入 60 000 美元，并买入 100 盎司黄金；

2. 进入期限为 1 年、在合约中卖出黄金的期货合约。

期货合约保证黄金可以在 70 000 美元的价位卖出，如果用 63 076 美元支付贷款的本息，并用 200 美元支付储存费用，套利者得到的净收益为 70 000 − 63076 − 200 = 6 724 美元。

期货价格太低的情形

接下来假定期货价格低于 632.76 美元，比如 610 美元。某持有 100 盎司黄金作为投资标的的投资者可以进行以下交易：

1. 以 60 000 美元价格卖出黄金；

2. 进入期限为 1 年并在合约中买入黄金的期货合约。

在 5% 的收益率下，60 000 美元的投资在一年后会涨至 63 076 美元。投资者可以在期货合约中以 61 000 美元价格买入黄金。投资者可节省 200 美元储存费，因此采用以上策略，投资者净收益为

$$63\,076 - 61\,000 + 200 = 2\,276 \text{ 美元}$$

5.11.2 消费商品

用于消费而不是投资的商品往往不提供中间收入，但这些商品往往有很高的储存费用。我们接下来仔细讨论如何根据套利策略由现货价格确定期货价格。[⊖]假定式(5-11)不成立，但有以下不等式

$$F_0 > (S_0 + U)e^{rT} \tag{5-13}$$

⊖ 对于某些商品，现货价格与商品支付的地点有关。我们在此假定商品的现货与期货的支付地相同。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

为了利用这一关系式，套利者可以进行以下交易：

1. 以无风险利率借入 $S_0 + U$ 数量的资金，并用这一资金买入一个单位的商品并支付储存成本。
2. 进入一个单位的商品远期合约的短头寸。

如果我们认同期货合约即为远期合约（无每日结算），以上策略在时间 T 产生盈利为 $F_0 - (S_0 + U)e^{rT}$。例5-8说明了这一黄金套利策略。对于任何商品，采取这一套利策略都没有问题。但是，当许多套利者都这样做时，S_0 价格会上升，F_0 会下降，这就会造成不等式不再成立。因此我们得出，不等式(5-13)持续成立的时间不会太久。

接下来假设

$$F_0 < (S_0 + U)e^{rT} \tag{5-14}$$

对于黄金和白银这类投资资产，因为商品是为了投资目的，当投资者发现以上关系后，会采用以下交易策略来获得收益：

1. 卖出商品，节省储存费用，并将所得资金以无风险利率进行投资。
2. 进入远期合约的长头寸。

这一策略在例5-8中有所说明，其结果是与持有商品进行比较，投资者的无风险收益为 $(S_0 + U)e^{rT} - F_0$，因此，不等式(5-14)持续成立的时间也不会太长。因为式(5-13)和式(5-14)均不能持续太长时间，因此 $F_0 = (S_0 + U)e^{rT}$ 一定成立。

对于持有目的不是投资的商品而言，以上讨论不适用。当个人和公司持有商品的目的是为了消费价值而不是为了投资价值，就不愿意主动出售商品并买入期货合约，因为期货和远期合约并不能用于消费。因此，我们没有任何理由说明式(5-14)不合理。对于消费资产，我们所能肯定的是以下关系式：

$$F_0 \leqslant (S_0 + U)e^{rT} \tag{5-15}$$

如果储存费用表示为占现货价格的比率，记为 u，那么同以上关系式等价的表达式为

$$F_0 \leqslant S_0e^{(r+u)T} \tag{5-16}$$

5.11.3 便利收益

因为商品持有者可能会认为在将来持有某商品与不持有该商品相比会有一定的便利，因此式(5-15)和式(5-16)不再成立。例如，某石油加工厂不太可能将持有石油期货合约与持有石油库存同等看待。库存石油可以被用于石油加工，而持有的期货合约并不能用于加工目的。通常来讲，持有某资产可以确保工厂的正常运转，并且从商品的暂时短缺中盈利，而持有期货合约并不一定能做到这一点。持有商品带来的好处有时被称为商品的**便利收益率**(convenience yield)。如果储存成本已知，其现值为 U，商品的便利收益率由以下关系式定义

$$F_0e^{yT} = (S_0 + U)e^{rT}$$

如果每单位商品的储存成本为现货价格的一定比率，那么便利收益率 y 可由以下关系式定义

$$F_0e^{yT} = S_0e^{(r+u)T}$$

即

$$F_0 = S_0e^{(r+u-y)T} \tag{5-17}$$

便利收益率较为简单地衡量了式(5-15)和式(5-16)左边小于右边的程度。对于投资资产，其便利收益率为0，否则会产生例5-8所示的套利机会。第2章的图2-2显示，2009年8月4日，黄豆的期货价格随着期货合约期限的增加而有所下降，说明这一天的黄豆期货便利收益率比 $r + u$ 还要大。

便利收益率反映了市场对商品**未来可获性**(future availability)的期望。商品短缺的可能性越

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

大，便利收益率就越高。如果商品的用户拥有大量库存，在不久的将来出现商品短缺的可能性很小，这时便利收益率也会比较小。但从另一方面讲，较低的库存会导致较高的便利收益率。

5.12 持有成本

期货价格与现货价格的关系式可由**持有成本**(cost of carrying)这一术语来描述。持有成本包括储存成本加上资产的融资利息，再减去资产的收益。对于无股息的股票而言，持有成本为 r，因为股票没有储存费用也没有中间收入；对于股指而言，持有成本为 $r-q$，因为股指收益率为 q；对于货币而言，持有成本为 $r-r_f$；对于提供中间收益率 q 及储存成本为 u 的商品资产而言，持有成本为 $r-q+u$；等等。

定义持有成本为 c。对于投资资产，期货价格满足

$$F_0 = S_0e^{cT} \tag{5-18}$$

对于消费资产，期货价格满足

$$F_0 = S_0e^{(c-y)T} \tag{5-19}$$

其中，y 为便利收益率。

5.13 交割选择

远期合约通常约定合约交割日为将来的某一天，期货合约通常允许合约的短头寸方在将来某一特定时段中的任意时间进行交割(一般来讲，短头寸方应提前几天发出打算交割的通知)。这种选择权使得期货定价更加复杂。期货合约的到期日是交割期的开始、中间还是末尾呢？虽然大多数期货合约在到期前会被平仓，但是了解交割的发生时间对计算期货的理论价值仍十分重要。

如果期货价格是期货期限的递增函数，由式(5-19)得出 $c>y$，持有资产所带来的收益率(包括便利收益与储存费用之差)小于无风险利率。因此短头寸方越早交割资产会越有利，因为此时收到资金后所得利息超出了持有资产所带来的好处。作为一般规则，在这种情况下期货价格的计算应以交割期的开始为基准。如果期货价格随期限的增加而有所减小($c<y$)，这时采取的标准应相反，短头寸方交割越晚越有利。作为一般规则，期货定价应以这一假设为基准。

5.14 期货价格与预期现货价格

我们将市场对于将来某时刻资产的现货价格的一般观点称为资产在这一时刻的**预期现货价格**(expected spot price)。假定现在是 6 月份，9 月份的期货价格为 350 美分。这时我们会问：9 月份的预期现货价格是多少？这一价格是等于 350 美分、高于 350 美分还是低于 350 美分呢？如图 2-1 所示，期货价格在到期时会收敛于现货价格。如果预期现货价格小于 350 美分，市场预期 9 月份的期货价格会下跌，因此期货短头寸的交易员会有收益，而长头寸的交易员则发生亏损。如果预期现货价格大于 350 美分，情况则相反，市场期望 9 月份期货价格会上升，因此期货长头寸的交易员会有收益，而期货短头寸的交易员则发生亏损。

5.14.1 凯恩斯和希克斯

经济学家约翰·梅纳德·凯恩斯和约翰·希克斯提出，如果对冲者倾向于持有短头寸而投机

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

者倾向于持有长头寸，那么资产期货价格会低于预期现货价格。[⊖]这是因为，投机者因承担风险而会索取收益，投机者只有在平均看来会产生盈利时才进行交易。对冲者平均而言会有损失，因为期货可以减小风险，所以对冲者更容易接受这个事实。凯恩斯和希克斯指出，如果对冲者倾向于持有长头寸而投机者倾向于短头寸，可以采用类似的原因说明期货价格高于预期现货价格。

5.14.2 风险与收益

解释期货价格与预期现货价格的关系的现代学说以经济中风险与预期收益的关系为基础。一般来说，投资的风险越大，投资者所要求的期望收益也越高。如附录 3A 中介绍的资本资产定价模型在经济生活中有两种风险：系统风险和非系统风险。对投资者而言，非系统风险并不重要，这类风险可以被持有高度分散化的组合消除。投资者承担非系统风险不应该索取更高的收益。同非系统风险相反，系统风险不能通过分散化来消除，它是由投资收益与整个市场的相关性决定的。投资者对所承担的正的系统风险一般要求高于无风险利率的收益。同时，如果投资者承担的系统风险为负，他就会接受低于无风险利率的收益。

5.14.3 期货头寸的风险

考虑某投机者进入了期货合约的长头寸，合约期限为 T 年，该投机者希望在期货到期时，现货价格高于期货价格。我们忽略期货每天结算的特性，将这一期货合约与远期合约同等对待。假定投机者将数量等于期货价格贴现值的资金进行无风险投资，同时进入了一个期货的长头寸。无风险投资在期货交割日可用于购买资产。投机者买入资产后，马上将资产在市场上变卖。对于投机者而言，其现金流为

今天：$-F_0e^{-rT}$；

期货结束时：$+S_T$。

其中，F_0 为期货的当前价格，S_T 为在到期日（即时刻 T）的资产价格，r 为期限为 T 的无风险投资的收益率。

对于这一投资如何定价呢？用于对时刻 T 的预期现金流的贴现利率等于投资者所要求的投资收益率。假定 k 为投资者对于这一投资所要求的投资收益率，投资的贴现值为

$$-F_0e^{-rT}+E(S_T)e^{-kT}$$

其中，E 代表期望值。假定证券市场上所有投资定价都使得其净贴现值为 0，这意味着

$$-F_0e^{-rT}+E(S_T)e^{-kT}=0$$

即

$$F_0=E(S_T)e^{(r-k)T} \tag{5-20}$$

正如指出的那样，投资者从某投资中所要求的收益与系统风险有关。事实上，这里考虑的投资是对期货标的资产的投资。如果这项资产的投资收益与股票市场无关，那么正确的贴现利率应该是无风险利率，因此我们应该将 k 设定为 r，式(5-20)变为

$$F_0=E(S_T)$$

这一关系式说明：**在标的资产的收益与股票市场无关时，期货价格是对将来预期现货价格的无偏估计。**

如果一项资产价格与股票市场正相关时，由 $k>r$ 和式(5-20)得出，$F_0<E(S_T)$。这一关系式说明，当期货标的资产具有系统风险时，我们应该期望期货价格会低估将来预期现货价格。具

⊖ 见 J. M. Keynes, *A Treatise on Money*. London: Macmillan, 1930；及 J. R. Hicks, *Value and Capital*. Oxford: Clarendon Press, 1939。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

有系统风险的资产的一个实例就是股指。投资者对股指所期望的收益率要大于无风险利率。假定股指的收益率为 q，股指的预期增长应大于 $r-q$。因此式(5-8)与股指期货价格会低估将来预期现货价格这一结论具有一致性。

如果资产收益与股票市场负相关，由 $k<r$ 和式(5-20)得出 $F_0>E(S_T)$。这一关系式说明：当期货标的资产有负的系统风险时，我们应该期望期货价格会高估将来预期现货价格。具体可见表5-5。

表 5-5　期货价格与预期现货价格的关系

资　　产	k 与 r 的关系	F 与 $E(S_T)$ 的关系
无系统风险	$k=r$	$F_0=E(S_T)$
正的系统风险	$k>r$	$F_0<E(S_T)$
负的系统风险	$k<r$	$F_0>E(S_T)$

5.14.4　远期贴水和远期升水

期货价格低于将来预期现货价格时，被称为**现货溢价**(normal backwardation)；当期货价格高于将来预期现货价格时，则被称为**期货溢价**(contango)。但是，有时候这些定义是期货价格相对于现货价格，而不是预期现货价格。

小　　结

在大多数情况下，具有某个确定交割日期的期货合约可以被看作具有相同交割日期的远期合约。理论上可以证明，当利率在完全可预测的情况下，两种合约价格应完全一致。

为了理解期货(或远期)的价格，将期货合约分成两类会带来许多便利。一种合约的标的资产被众多投资者拥有，另外一类合约的标的资产主要是为了消费。

对于投资资产，我们主要考虑3种不同情形：①资产不提供收入；②资产提供已知的现金收入；③资产提供已知的收益率。

结果如表5-6所示。由此我们可以得出股票、货币、黄金及白银的期货价格。储存费用可以被看作负收入。

表 5-6　投资资产的期货/远期合约价格总结

资　　产	远期/期货价格	行使价格为K的远期合约长头寸的价值
不提供中间收入	S_0e^{rT}	S_0-Ke^{-rT}
提供中间收入，其贴现值为 I	$(S_0-I)e^{rT}$	$S_0e^{-rT}-I-Ke^{-rT}$
提供连续收益率 q	$S_0e^{(r-q)T}$	$S_0e^{-qT}-Ke^{-rT}$

注：资产价格为 S_0，期限为 T，无风险利率为 r。

对于消费资产，我们不可能将期货价格表达为现货价格与其他市场可观察变量的函数。这时，所谓的资产便利收益参数变得十分重要，这一参数用于衡量商品用户拥有实际资产相比仅持有期货合约带来额外好处的程度，包括从本地的商品暂时性短缺中获利，以及为了保持生产线正常运转的能力，等等。我们可以从套利理论中得出消费资产期货价格的上限。

持有成本这一概念有时很有用。持有成本等于标的资产储存成本加上融资成本再减去资本收益。对于投资资产，期货价格比现货价格高出的部分叫持有成本。对于消费资产，远期价格大于现货价格的数量反映了持有成本与便利收益之差。

如果资本资产定价模型成立，期货价格与预期现货价格之间的关系取决于现货价格与市场股票的总体价格水平具有正的相关性还是负的相关性。正相关性会使得期货价格低于将来预期现货价格，负相关性会使得期货价格高于将来预期现货价格。只有在相关性为0时，期货价格才等于预期现货价格。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

推荐阅读

Cox, J. C., J. E. Ingersoll, and S. A. Ross. "The Relation between Forward Prices and Futures Prices," *Journal of Financial Economics*, 9 (December 1981): 321–46.

Ghon, R. S. and R. P. Chang. "Intra-day Arbitrage in Foreign Exchange and Eurocurrency Markets," *Journal of Finance*, 47, 1 (1992): 363–80.

Jarrow, R. A., and G. S. Oldfield. "Forward Contracts and Futures Contracts," *Journal of Financial Economics*, 9 (December 1981): 373–82.

Kane, E. J. "Market Incompleteness and Divergences between Forward and Futures Interest Rates," *Journal of Finance*, 35 (May 1980): 221–34.

Pindyck R. S. "Inventories and the Short-Run Dynamics of Commodity Prices," *Rand Journal of Economics*, 25, 1 (1994): 141–59.

Richard, S., and S. Sundaresan. "A Continuous-Time Model of Forward and Futures Prices in a Multigood Economy," *Journal of Financial Economics*, 9 (December 1981): 347–72.

Routledge, B. R., D. J. Seppi, and C. S. Spatt. "Equilibrium Forward Curves for Commodities," Journal of Finance, 55, 3 (2000) 1297–1338.

测验题

5.1 请说明当某投资者卖空一只股票时，会有什么情况发生？

5.2 远期价格与远期合约价值有什么不同？

5.3 假定你签署了一份无股息股票的6个月期限的远期合约，股票当前价格为30美元，无风险利率为12%（连续复利），合约远期价格是多少？

5.4 一个股指的当前价格为350，无风险利率为年率8%（连续复利），股指的股息收益率为年率4%。4个月期的期货价格是多少？

5.5 请仔细解释为什么黄金的期货价格可以由黄金的现货价格及其他可观测变量计算得出，但铜的期货价格却不能这么做？

5.6 请解释便利收益与持有成本这两个术语的含义。期货价格、现货价格、便利收益及持有成本的关系式是什么？

5.7 请解释为什么可以将外币视为提供已知收益率的资产？

练习题

5.8 一个股指的期货价格是高于还是低于其将来预期价格，为什么？

5.9 在签署一份一年期的无股息的股票的远期合约时，股票当前价格为40美元，连续复利的无风险利率为年率10%。(a)远期合约的初始价格及期货价格分别是多少？(b)在6个月后，股票价格变为45美元，无风险利率仍为年率10%。这时远期价格和远期合约的价值又分别是多少？

5.10 无风险利率为年率7%（连续复利），股指的股息收益率为年率3.2%，股指的当前价格为150。6个月期的期货价格是多少？

5.11 假定无风险利率为年率9%（连续复利），股指股息的收益率在一年经常发生变化。在2月份、5月份、8月份及11月份，股息收益率为年率5%，在其他月份，股息收益率为年率2%。假定股指价格在7月31日为1 300。在当年12月31日交割的期货价格是多少？

5.12 假定无风险利率为年率10%（连续复利），股指股息收益率为年率4%。股指的当前价格为400，在4个月时支付的期货价格为405。此时存在什么样的套利机会？

5.13 根据表5-4中的数据估算日本及美国短期利率在2009年8月4日的差。

5.14 瑞士和美国的连续复利的2个月期限的利率分别为年率2%和年率5%。瑞士法郎的现货价格为0.8美元。在2个月后交割的期

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

货价格为 0.81 美元，请问此时存在什么样的套利机会？

5.15 白银的现价为每盎司 15 美元，每年储存费用为每盎司 0.24 美元，储存费用要每季度预先支付一次。假定所有期限的利率均为年率 10%（连续复利），请计算 9 个月后到期的期货价格。

5.16 假定 F_1 和 F_2 是同一种商品的两份期货合约，合约到期日分别为 t_1 和 t_2，这里 $t_2 > t_1$，求证

$$F_2 \leqslant F_1 e^{r(t_2-t_1)}$$

其中 r 为无风险利率（假定为常数），假定无储存费用。对于该问题，假定期货价格与远期价格相等。

5.17 若一家公司采用远期合约对将来已知的外汇现金流进行对冲，就不存在汇率风险。而采用期货合约来对外币对冲，因为按市场定价的方式则会使得公司有一定的风险暴露。请解释这种风险的实质。尤其当出现以下 4 种情况时，公司是使用期货合约好还是使用远期合约好？

a. 在合约的期限内，外汇迅速贬值；
b. 在合约的期限内，外汇迅速升值；
c. 外汇先升值，然后贬值到其初始水平；
d. 外汇先贬值，然后升值到其初始水平。

在分析中，假设远期价格等于期货价格。

5.18 有人认为远期汇率是未来即期汇率的无偏估计。在什么情况下这一说法成立？

5.19 请证明：股指期货的增长率等于股指超出无风险利率的数量。假定无风险利率和收益率均为常数。

5.20 通过考虑一个投资资产与其期货短头寸的组合来证明式(5-3)成立。在证明中假设所有资产的收入均再投资于资产之中。

5.21 请解释对于某一时间段商品的预期价格的含义。假定随着期限的增大，石油期货价格以 2% 的比率下跌，并且假定投机者倾向于卖空石油期货并且对冲者倾向持有石油期货的长头寸。由凯恩斯和希克斯的理论所隐含的将来预期价格会怎样？

5.22 价值线指数（value line index）是用于反映 1 600 只股票价值变化的等权重指数。在 1988 年 3 月 9 日以前，这一指数每天的价值变化是按照指数所包含的股票价格的几何平均值来计算的。在这种情况下，式(5-8)是否真正反映了指数的期货价格与其现货价格的关系？如果没有，这一表达式会低估还是高估其期货价格？

作业题

5.23 指数为 1 200，3 个月无风险利率为每年 3%，接下来 3 个月的红利收益率为每年 1.2%；6 个月的无风险利率为每年 3.5%，接下来 6 个月的分红收益率为每年 1%。估计 3 个月和 6 个月指数的期货价格分别是多少？假定所有利率和收益率为连续复利。

5.24 当前美元/欧元的汇率为 1.400 美元/欧元，6 个月的远期汇率为 1.395 0，6 个月的美元利率为每年 1%（连续复利）。请估计 6 个月的欧元利率。

5.25 原油现货价格为 80 美元每桶，储存一年的费用为 3 美元/桶，年底支付；无风险利率为每年 5%，连续复利。一年期原油期货价格的上限是多少？

5.26 某股票预计在 2 个月和 5 个月时将支付 1 美元股息。股票价格为 50 美元，对于所有期限的连续复利的无风险利率为年率 8%。某投资者刚刚进入了一个对于该股票 6 个月期限的远期合约的短头寸，请问：

a. 远期价格和远期合约初始价值为多少？
b. 在 3 个月后，股票价格变为 48 美元，无风险利率仍为年率 8%。这时远期价格和远期合约的短头寸的价值是多少？

5.27 一家银行向其企业客户提供利率 11% 的贷款，或以 2% 的利率借出黄金（当借入黄金时，客户必须支付利息，因此，如果今天借入 100 盎司，1 年后必须偿还 102 盎司黄金）。无风险利率为年率 9.25%，储存费用为每年 0.5%。请讨论，同现金贷款利率相比，借入黄金的利率是太高还是太低。这里的利率均

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

为每年复利一次，无风险利率及储存费用率均为连续复利。

5.28 一家公司不太确定将来收入或支出某笔外汇的期限，它可以同银行商定某远期合约，在远期合约中注明交割的一个时间段。因此，公司想保留选择交割时间的权利以保证同自身现金流相吻合。假定你在银行工作，你会如何对这家公司需要的产品进行定价?

5.29 某交易员的长期投资资产组合中包含黄金。交易员能够以每盎司950美元买入黄金并以每盎司949美元卖出黄金，并且能够以年率6%借入资金，以年率5.5%借出资金(这里的利率均为每年复利)。期货价格在什么范围时，交易员没有套利机会? 这里假定远期价格买入与卖出时相同。

5.30 一家公司与银行进行一个远期合约交易。在合约中，公司可以在T_1时刻以汇率K_1卖出外汇。在T_1时，实际汇率为$S_1(>K_1)$。公司要求银行将远期合约展期到$T_2(>T_1)$而不是在T_1进行交割。银行同意了一个新的交付价格K_2。请解释K_2的计算方法。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 6

第 6 章

利 率 期 货

到目前为止，我们已经讨论了商品、股指、外汇期货合约，阐述了这些合约的运作机制、对冲方式以及定价方法。接下来我们将讨论利率期货合约。

在本章的前半部分，我们将讨论在美国市场上较为流行的合约：国债期货及欧洲美元期货。世界上许多其他利率市场的产品均以这些合约为基准。在本章后半部分，我们将讨论久期测度以及如何用这些测度来衡量一个证券组合的利率风险，同时我们也将说明如何将期货合约与久期测度并用以对冲公司对于利率变化的风险暴露。

6.1 天数计量与报价惯例

这里我们将考虑天数计量与报价等预备知识，这些知识适用于债券及其他与利率有关的证券产品。

6.1.1 天数计量

天数计量定义了一段时间内利息累计的方式。一般来讲，我们知道在一段参考区间内的利息（例如，介于息票支付时间间隔内的利息）。在这里，我们只对其他时间期限内的利息累计方式作一介绍。

天数计量惯例一般被表达为 X/Y。当我们计算两个日期之间的利息时，X 定义了两个日期之间计算天数的方式，Y 定义了参考期限总天数的计量方式。在两个日期之间的利息为

（两个日期之间的天数/参考期限的总天数）×参考期限内所得利息

美国有 3 种流行的天数计量惯例：

- 实际天数/实际天数（期限内）；
- 30/360；

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

- 实际天数/360。

“实际天数/实际天数(期限内)”惯例适用于美国长期国债；“30/360”惯例适用于美国的企业及市政债券；“实际天数/360”惯例适用于美国短期国债及其他货币市场产品。

长期国债采用“实际天数/实际天数(期限内)”惯例说明，在两个日期之间的利息以实际过去的天数与两个息票支付日期之间的实际天数的比率为基础。假定某债券的本金为100美元，息票支付日期为3月1日和9月1日，息票率为8%，这意味着每年的3月1日和9月1日分别有4美元的利息。假设我们想要计算3月1日与7月3日之间的利息，这里参考区间为3月1日至9月1日，这一期间总共有184天(实际天数)，该区间所得利息为4美元。在3月1日与7月3日之间总共有124天(实际天数)。因此3月1日与7月3日之间的所得利息为

$$\frac{124}{184} \times 4 = 2.6957 \text{ 美元}$$

企业债券及市政债券采用“30/360”说明，我们在计算中假定每个月有30天，每年有360天。采用“30/360”的惯例，在3月1日与9月1日之间总共有180天，在3月1日与7月3日之间总共有 $4 \times 30 + 2 = 122$ 天。因此，对于与我们刚才考虑的政府债券同样期限及利率的企业债券，在3月1日与7月3日之间的所得利息为

$$\frac{122}{180} \times 4 = 2.7111 \text{ 美元}$$

如业界实例6-1所示，有时“30/360”天数计量惯例会产生令人吃惊的结果。

业界实例6-1　天数计量有时可能会使人迷惑

在2011年2月28日与2011年3月1日之间，你可以选择美国国债或美国企业债券，两种债券的息票率均为10%。你应选择哪一种呢？

乍听起来，两者应该没有太大的区别，但事实上你应选择企业债券。在“30/360”天数计量惯例下，2011年2月28日与2011年3月1日之间总共有3天，在政府债券的“实际天数/实际天数(期限内)”的天数计量惯例下，两个日期之间只有1天。拥有企业债券所得利息将是拥有政府债券所得利息的3倍。

短期国债及其他货币市场的产品采用“实际天数/360”惯例说明，参考期限选定为360天。在一年中所得利息等于实际过去的天数除以360，然后再乘以报价利率。90天期间所得的利息应正好等于年率的1/4。注意，含有365天的整年里所得的利息为365/360乘以报价利率。

国与国之间及产品与产品之间的天数计量惯例有所不同。例如，澳大利亚、加拿大和新西兰的货币市场惯例为“实际天数/365”。除英镑外所有货币的LIBOR利率均为“实际天数/360”，英镑的LIBOR利率为“实际天数/365”。欧元债券和英镑债券通常采用“实际天数/实际天数”惯例。

6.1.2 报价

货币市场的产品报价有时采用**贴现率**(discount rate)方式，该贴现率对应于最终面值的比率而不是最初所付出价格的比率。美国短期国债就是一个实例。如果一个91天期限的短期国债的报价为8，这意味着所得利息的年利率为面值的8%。假定面值为100美元，在91天内的利息为2.0222美元($=100 \times 0.08 \times 91/360$)。对应于91天的真正的收益率为 $2.0222/(100-2.0222)=2.064\%$ 。一般来说，美国短期国债的现金价格与报价的关系式为

$$P = \frac{360}{n}(100 - Y)$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

其中，P 为报价，Y 为现金价格，n 为短期债券以日历天数所计量的剩余天数。

6.1.3 美国长期国债

美国长期国债是以美元及美元的1/32为单位报出的，报价的面值为100美元。因此，90-05的价格意味着100 000美元面值的债券的价格为90 156.25美元。

这里的报价被交易员称为**纯净价**(clean price)，与现金价有所不同，交易员将现金价称为**带息价格**(dirty price)。一般来说，我们有以下关系式

$$现金价格 = 报价(即纯净价) + 从上一个付息日以来的应计利息$$

为了说明这一公式，假设现在时间是2010年3月5日，考虑某债券，其息票率为11%，债券到期日为2018年7月10日，报价为95-16，即95.50美元。因为政府债券的券息每半年支付一次(最后一个券息支付日期为债券的到期日)。最近的前一次付息日为2010年1月10日，下一个付息日为2010年7月10日。在2010年1月10日与2010年3月5日之间总共有54天，而在2010年1月10日与2010年7月10日之间总共有181天。一个面值为100美元的债券在1月10日和7月10日所支付的券息均为5.50美元。2010年3月5日的累计利息是在7月10所支付的利息被累计到2010年3月5日时的数量。因为美国国债累计利息是基于"实际天数/实际天数(期限内)"，因此累计利息为

$$\frac{54}{181} \times 5.50 = 1.64 \text{ 美元}$$

100美元面值债券的现金价格为

$$95.50 + 1.64 = 97.14 \text{ 美元}$$

因此，对应100 000美元面值债券的现金价格为97 140美元。

6.2 美国国债期货

表6-1是2009年8月5日《华尔街日报》给出的利率期货的报价。市场上最流行的长期利率合约之一为芝加哥交易所(CBOT)交易的长期国债利率期货。在这份合约中，任何在交割月份的第1天，期限仍在15年以上且从那一天起的15年内不能赎回(not callable)的债券均可以用于交割。在后面我们将解释CBOT已经开发出了一种调整价格的方法，这一方法适用于调整期货的短头寸方交割特定长期国债时可接受的价格。

表6-1 2009年8月5日《华尔街日报》的利率期货报价

Interest Rate Futures

Treasury Bonds (CBT)-$100,000; pts 32nds of 100%						
Sept	117-270	118-120	116-155	**117-015**	-17.5	692,853
Dec	116-165	117-020	115-070	**115-245**	-17.5	2,906
Treasury Notes (CBT)-$100,000; pts 32nds of 100%						
Sept	116-085	116-190	115-210	**116-015**	-4.5	1,075,831
Dec	114-200	115-040	114-075	**114-195**	-3.5	8,601
5 Yr. Treasury Notes (CBT)-$100,000; pts 32nds of 100%						
Sept	114-240	115-000	114-147	**114-217**	-1.2	801,687
Dec	113-162	113-162	113-030	**113-090**	-2.5	15,293
2 Yr. Treasury Notes (CBT)-$200,000; pts 32nds of 100%						
Sept	108-052	108-072	108-022	**108-040**	-1.0	648,586
Dec	107-130	107-137	107-127	**107-140**	-1.5	1,604
30 Day Federal Funds (CBT)-$5,000,000; 100 - daily avg.						
Aug	99.818	99.820	99.815	**99.818**	.002	52,009
Nov	99.745	99.760	99.745	**99.755**	.005	52,985
1 Month Libor (CME)-$3,000,000; pts of 100%						
Aug	99.7175	99.7200 ▲	99.7175	**99.7200**	...	9,026
Sept	99.7000	99.7075	99.6950	**99.7075**	.0050	7,285
Eurodollar (CME)-$1,000,000; pts of 100%						
Aug	99.5400	99.5500	99.5300	**99.5350**	-.0025	51,514
Sept	99.5100	99.5300	99.5100	**99.5200**	.0100	1,015,249
Dec	99.2600	99.2950	99.2600	**99.2800**	.0150	950,438
March'10	98.9350	98.9850	98.9100	**98.9450**	.0050	928,161

注：表中数据分别显示了月份、开盘价、最高价、最低价、交割价格、变化量以及未平仓数量。

在美国，短期国债和5年期短期国债期货都很流行。短期国债期货包括可交割的期限在6.5~10年的任何政府债券。5年期短期国债期货合约中，交割的债权剩余年限为4~5年。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

本节接下来的讨论将集中在 CBOT 的长期国债期货。在美国和世界其他各地交易的短期国债期货与 CBOT 的长期国债期货类似。

6.2.1 报价

长期国债期货合约的报价与长期国债本身的报价方式相同（见第 6.1 节）。表 6-1 显示了在 2009 年 8 月 4 日，2009 年 12 月份期货的结算价格为 115－245，即 $115\frac{24.5}{32}$。每一份期货合约的规模对应于交割 100 000 美元的债券。因此，期货价格报价的 1 美元的变化引起期货合约的总价值变化为 1 000 美元。合约可以在交割月份内的任何时间进行交割。

6.2.2 转换因子

如上所述，长期国债期货允许合约的短头寸方选择交割任何期限长于 15 年并且在 15 年内不可赎回的债券。当交割某一特定债券时，一个名为**转换因子**（conversion factor）的参数定义了债券的交割价格。债券的报价等于转换因子与最新期货报价的乘积。如第 6.1 节所述，将累计利息考虑在内，对应于交割 100 美元面值的债券所收入的现金价格为

$$(\text{最新的期货报价} \times \text{转换因子}) + \text{累计利息}$$

每一份合约对应于交割 100 000 美元面值的债券。假定最新的交割价格为 90－00，交割债券的转换因子为 1.38，并且在交割时面值为 100 美元的债券的累计利息为 3 美元。因此，期货短头寸方交割债券时，对于每一面值为 100 美元的债券，收到的现金为（由期货长头寸方支付）：

$$(1.38 \times 90.00) + 3 = 127.20 \text{ 美元}$$

期货短头寸方应交割的债券面值为 100 000 美元，因此收到现金为 127 200 美元。

假定所有期限的年利率均为 6%（每半年复利一次），某债券的转换因子被定义为在交割月份的第 1 天具有 1 美元本金的债券的价格。为了便于计算，债券的期限和券息支付日的期限被取整到最近的 3 个月。这种做法使 CBOT 产生了一个较为全面的数表。如果在取整后，债券的期限为 6 个月的整数倍，我们就假定第 1 次支付利息为 6 个月后。如果在取整后，债券的期限不是 6 个月的整数倍（即包含另外的 3 个月），我们就假定第 1 次支付利息为 3 个月后，支付利息数量中应剔除应计利息。

作为以上规则的第 1 个实例，假定某债券的息票率为年率 10%，期限为 20 年零 2 个月。为了计算转换因子，假定债券期限为 20 年，在 6 个月后第 1 次付息。因此息票被假定为每 6 个月支付一次，直到 20 年后支付本金为止。假定面值为 100 美元，当贴现率为年率 6%（每半年复利一次）时，即每 6 个月为 3%，债券价格为

$$\sum_{i=1}^{40} \frac{5}{1.03^i} + \frac{100}{1.03^{40}} = 146.23 \text{ 美元}$$

将以上价格除以 100，得出转换因子为 1.4623。

作为以上规则的第 2 个实例，假定某债券的息票率为年率 8%，债券期限为 18 年零 4 个月。为了计算转换因子，假定债券的期限为 18 年零 3 个月。将所有息票支付的现金流以 6% 的年率（半年复利一次）贴现到 3 个月后的时间上，债券价格为

$$4 + \sum_{i=1}^{36} \frac{4}{1.03^i} + \frac{100}{1.03^{36}} = 125.83 \text{ 美元}$$

3 个月的利率为 $\sqrt{1.03}-1$，即 1.488 9%，因此将 3 个月时的债券价格贴现到今天的值为 125.83/1.014 889＝123.99 美元。减去累计利息 2.0 美元，得出债券价格为 121.99 美元，因此转换因子为 1.219 9。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

6.2.3 最便宜交割债券

在交割月份的任意时刻，有许多债券可以用于 CBOT 的长期国债期货合约的交割，这些可交割债券有各式各样的息票率和到期月。短头寸方从这些债券中可以选出**最便宜交割债券**(cheapest-to-deliver bond)来用于交割。因为短头寸方收到现金为

$$(\text{期货的最新报价} \times \text{转换因子}) + \text{累计利息}$$

买入债券费用为

$$\text{债券报价} + \text{累计利息}$$

因此最便宜交割的债券是使得

$$\text{债券报价} - (\text{期货的最新报价} \times \text{转换因子})$$

达到最小的债券。一旦期货的短头寸方决定交割债券，最便宜交割债券可以通过对每一个债券进行计算得以确定。计算过程在例 6-1 中有所说明。

【例 6-1】 选择最便宜交割债券

期货短头寸方决定交割，可以从下表中选出最便宜交割债券。假定最近一次的期货报价为 93－08，即 93.25 美元。

债券	债券报价(美元)	转换因子
1	99.50	1.038 2
2	143.50	1.518 8
3	119.75	1.261 5

交割每种债券的成本如下：

债券 1：99.50－(93.25×1.038 2)＝2.69 美元

债券 2：143.50 －(93.25 × 1.518 8)＝ 1.87 美元

债券 3：119.75 －(93.25 × 1.261 5)＝ 2.12 美元

因此，最便宜交割债券为债券 2。

在市场上有一些因素决定了最便宜交割债券。当收益率大于 6% 时，转换因子系统倾向于息票率较低而期限较长的债券；当收益率小于 6% 时，系统倾向于息票率较高而期限较短的债券。还有，当收益率曲线为上坡型时，系统倾向于交割期限较长的债券；当收益率曲线为下坡型时，系统倾向于期限较短的债券。

除了拥有交割最便宜可交割债券的权利外，短头寸方还拥有一项被称为万能牌游戏的权利。这一权利在业界实例 6-2 中有所描述。

| 业界实例 6-2 | 万能牌交易

CBOT 的长期国债期货交易于芝加哥时间下午 2 点结束，但是长期国债的现货交易在下午 4 点结束。另外，拥有期货短头寸方的交易员在晚上 8 点以前都可以向清算中心下达交割通知。在下达交割通知后，交割**应付价格**(invoice price)是以当天的结算价格为基础进行结算的，该结算价格为下午 2 点收盘铃声响起之前进行的交易价格。

这种做法给期货的短头寸方一种选择权，该选择权被称为**万能牌交易**(wild card play)。如果在交割月的第 1 天下午 2 点后债券价格下跌，短头寸方在 3 点 45 分发出交割指令，他可以买入债券并以下午 2 点钟的期货价格为准进行交割。如果债券价格没有下跌，短头寸方可以保持头寸，并等到第 2 天采用相同的策略。

就像短头寸方拥有其他选择权一样，万能牌交易选择权并不是免费的，其价格反映在期货价格中，有选择权的期货价格比不具备选择权的期货价格要低。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

6.2.4 确定期货价格

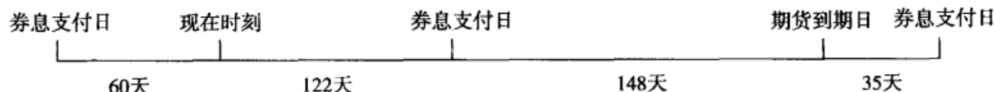
短头寸方拥有权利与交割时间有关，也与债券的选择有关，因此精准地确定长期国债期货的理论价格十分困难。但是，如果假定最便宜可交割债券及交割日期均为已知，长期国债期货就等价于一个可交易的并支付中间收入的证券(债券)的期货合约。式(5-2)给出了期货价格 F_0 与现货价格 S_0 的关系式

$$F_0 = (S_0 - I)e^{rT} \tag{6-1}$$

其中，I 为期货期限内券息的贴现值，T 为期货到期时间，r 为适用于期限 T 的无风险利率。例6-2是式(6-1)的一个应用。

【例6-2】 计算国债的期货价格

假定对于某一国债期货已知最便宜可交割债券的息票利率为12%，转换因子为1.6，期货交割日期为270天以后，券息的支付为每半年一次。由下图所示，上一次券息支付为60天以前，下一次券息支付为122天以后，再下一次券息支付为305天以后。利率期限结构为水平，利率为年率10%(连续复利)。



假定债券的当前报价为115美元。债券的现金价格等于报价加上从上一次付息至今的累计利息，债券现金价为

$$115 + \frac{60}{60 + 122} \times 6 = 116.978$$

在122天(0.3342年)后，债券持有者将收到6美元的利息，该利息的贴现值为

$$6e^{-0.1 \times 0.3342} = 5.803$$

期货合约将持续270天(0.7397年)。如果期货合约是关于券息率为12%的债券，期货的现金价格为

$$(116.978 - 5.803)e^{0.1 \times 0.7397} = 119.711$$

在债券交割时，会产生148天的累计利息。如果期货合约是有关于券息率为12%的债券，期货的报价为

$$119.711 - 6 \times \frac{148}{148 + 35} = 114.859$$

由转换因子定义得出，1.60倍的标准债券等价于一个12%的债券。因此，期货的报价应为

$$\frac{114.859}{1.60} = 71.79$$

6.3 欧洲美元期货

美国市场最流行的利率期货为芝加哥商品交易所(CME)的3个月期限的欧洲美元期货。欧洲美元是存放于美国之外的美国银行或外国银行的美元。欧洲美元利率是银行之间存放欧洲美元的利率，事实上这一利率与第4章引入的伦敦银行同业拆出利率(LIBOR)基本是一样的。

3个月期限欧洲美元期货是对3个月(90天)欧洲美元利率而设定的期货产品，这些合约可使得投资者锁定今后某3个月对应于100万美元面值的利率，这就使得交易员可以投机未来3个月的利率或者对冲未来利率的风险。这类合约的到期月为3月份、6月份、9月份和12月份，期货期限可达10年。这意味着在2010年某投资者可采用欧洲美元期货来锁定2020年之前某3个月的利率。除了3月份、6月份、9月份和12月份的期货外，市场上也交易其他短期期限的利率期货

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

合约。

为了理解欧洲美元期货的运作方式，我们考虑表6－1中的2009年12月份的合约。这一合约在2009年8月4日的交割价格为99.28。该合约的到期日为交割月份的第3个星期三，即2009年12月16日。该合约在2009年12月16日之前交割方式与以往没有什么不同，在2009年12月16日这一天，合约交割价格为100－R，其中R为这一天实际的3个月欧洲美元利率，这一利率每季度复利，天数计量惯例为“实际天数/360”。因此，如果2009年12月16日，3个月期限的欧洲美元利率为0.5%（实际天数/360，每季度复利），则最终的交割价格为99.50。这一数量为最终交割价，在这之后所有交易被宣布平仓。

合约的设计保证期货报价一个基点的变化对应于25美元的盈亏。当欧洲美元报价增长一个基点时，持有合约长头寸的交易员的收益为25美元，同时持有合约短头寸的交易员损失为25美元。例如，当交割价格从99.12变为99.23时，长头寸交易员每份合约的收益为25×11＝275美元；短头寸交易员每份合约的损失为275美元。每基点25美元规则与以上提出的合约是为了锁定面值为100万美元的3个月利率的说法一致。当利率变化为一个基点时，100万美元面值在3个月的利息变化为

$$1\,000\,000 \times 0.000\,1 \times 0.25 = 25$$

即25美元。

期货报价为100减去期货利率。因此，当利率下降时，期货长头寸的投资者会有收益；在利率上升时，期货短头寸的投资者会有收益。表6-2显示了2009年12月份合约可能出现的结果。

表6-2 合约的可能结果

日期	期货价格	变化量	每份合约收益（美元）
2009年8月4日	99.28		
2009年8月5日	99.24	−0.04	−100
2009年8月6日	99.29	+0.05	+125
⋮	⋮	⋮	⋮
2009年12月16日	99.50	+0.06	+150
总和		+0.22	+550

CME定义期货的价格为

$$10\,000 \times [100 - 0.25 \times (100 - Q)] \tag{6-2}$$

其中Q为报价。因此，表6-1中2009年12月份合约的交割价为99.28，对应于合约的价格为

$$10\,000 \times [100 - 0.25 \times (100 - 99.28)] = 998\,200 \text{ 美元}$$

在表6-2中，最终合约价格为

$$10\,000 \times [100 - 0.25 \times (100 - 99.50)] = 998\,750 \text{ 美元}$$

最初的合约价格与最终的合约价格相差550美元，这与表6－2中采用的“每个基点25美元”规则一致。

例6-3显示一个投资者如何通过运用欧洲美元期货来对冲从2012年9月9日开始的3个月的利率风险。注意对冲的现金流时间未必与被对冲的现金流完全匹配，因为期货是每日结算的，而且最后的结算日为2012年9月19日，但是投资的利息收入是在其后的3个月。如例子所示，关于以上问题，我们可以对对冲头寸进行调整。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

【例6-3】 采用欧洲美元期货合约进行对冲

某投资者想锁定在2012年9月19日开始的3个月的利率，投资面值为1亿美元。2012年9月欧洲美元期货报价为96.50，意味着投资者可以锁定的年利率为100－96.5，即3.5%，投资者买入了100份合约。假设在2012年9月19日，3个月期LIBOR为2.6%，最终交割价格为97.40。投资者在长头寸中收益为100×25×(9 740－9 650)＝225 000美元。3个月的利息为

100 000 000×0.25×0.026＝650 000美元

期货收益使得总收益变为875 000美元，这对应于利率为3.5%时的利息(100 000 000×0.25×0.035＝875 000美元)。

从该例可知，利用期货，投资者可以在任何情况下完全锁定3.5%的利率。事实并非如此。原因在于期货合约是每日结算的(而不是仅在最后一天)，并且期货的最终结算发生在2012年9月19日，而投资的利息支付是在3个月之后(即2012年12月19日)。一种针对每日结算的调整方法是减少对冲的头寸，具体减少的数量是2012年9月19日收到的资金与3个月后收到的资金之差。在这种情况下，假设3个月的利率为3.5%，并把合约的数目乘上1/(1＋0.035×0.15)＝0.991 9，最后导致实际购买的合约数目为99而不是100。

表6-1显示2009年8月4日的美国市场的利率曲线结构为上坡型。在2009年8月19日开始的3个月期期货利率为0.465%；2009年9月16日开始的3个月期货利率为0.48%；2009年12月16日开始的3个月期远期利率为0.72%；2010年3月17日开始的3个月期期货利率为1.055%。

与CME的欧洲美元期货类似，期货产品在其他国家也进行交易。CME也进行欧洲日元(Euroyen)交易。伦敦国际金融期货及期权交易所(该交易所为Euronext的一部分)进行3个月期的Euribor合约(即3个月期欧元的LIBOR利率)及3个月期欧洲瑞士法郎(Euroswiss)的期货交易。

6.3.1 远期与期货利率的比较

欧洲美元期货与远期利率合约很相似，都可以用于锁定将来某个时间段的利率(见4.7节关于远期利率合约的讨论)。对于较短的期限(小于1年)，这两种合约很相似，欧洲美元期货利率也就等同于相应的远期利率。对于较长期限的合约，了解它们之间的不同至关重要。考虑介于时间T_1与T_2的期货利率及相应的远期利率合约。欧洲美元期货合约每天进行结算，最终的交割发生在T_1，交割的数量反映了T_1与T_2之间的利率。比较这两种合约，远期利率合约不是每天结算，最终的交割也反映T_1与T_2之间的利率，远期利率合约的最终交割发生在T_2。[⊖]

造成欧洲美元期货与远期利率合约的不同有两个因素：

- 欧洲美元期货与一个类似但并不每天进行结算的远期合约有所不同，这里的后一个合约(即远期合约)的收益等于远期合约与T_1时刻实际利率之差。
- 在时刻T_1支付的远期合约与在时刻T_2支付的远期合约不同。

以上两个因素造成了远期利率低于期货利率。

6.3.2 曲率调整

分析员对于以上两种利率的差别进行**曲率调节**(convexity adjustment)。一种流行的做法是

⊖ 如第4.7节所述，交割支付也可能发生在T_1，交割数量等于正常的在T_2的收益的贴现值。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$远期利率 = 期货利率 - \frac{1}{2}\sigma^2 T_1 T_2 \tag{6-3}$$

其中，T_1 为期货合约的到期日，T_2 为到期日所对应利率的期限。变量 σ 为一年的短期利率变化的标准差，这里利率均为连续复利。[⊖] σ 的一个典型数量为 1.2%，即 0.012。这一调节在例 6-4 中有进一步说明。

【例 6-4】 计算曲率调节

考虑 $\sigma = 0.012$ 的情形，我们想计算 8 年期限、期货价格为 94 所对应的远期利率。这里，$T_1 = 8$，$T_2 = 8.25$，曲率调节为

$$\frac{1}{2} \times 0.012^2 \times 8 \times 8.25 = 0.004\ 75$$

即 0.475%（47.5 个基点）。天数计量惯例为"实际天数/360"，每季度复利期货利率为年率 6%。对应于"实际天数/365"的天数计量惯例及每季度复利，以上利率等价于 6% ×365/360 = 6.083%。以连续复利计算，以上利率等价于 6.038%。因此远期利率为 6.038% − 0.475% = 5.563%（连续复利）。表 6-3 显示了随着期限变化的曲率调节的幅度。

表 6-3 对于例 6-4 中的期货利率的曲率调节

期限（年）	曲率调节（基点）
2	3.2
4	12.2
6	27.0
8	47.5
10	73.8

远期利率小于期货利率，表 6-3 给出了远期利率与期货利率的差别。表中数据显示调节数量大约与期货到期期限的平方成正比。因此，对于 8 年期限的合约的调节量大约是对于 2 年期限的合约的调节量的 16 倍。

6.4 久期

顾名思义，债券**久期**（duration）是用于检测债券持有人收到所有现金流的平均期限。一个在 n 年到期的零息债券的久期为 n。但是，一个在 n 年到期的带息债券的久期小于 n，因为债券持有人在 n 年前就已经收到某些现金流。

假设某债券给其持有人在时刻 $t_i(1 \leqslant i \leqslant n)$ 的现金流为 c_i，该债券价格与其连续复利收益率 y 的关系式为

$$B = \sum_{i=1}^{n} c_i e^{-yt_i} \tag{6-4}$$

债券久期 D 的定义为

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i c_i e^{-yt_i}}{B} \tag{6-5}$$

这一公式可变形为

$$D = \sum_{i=1}^{n} t_i \left[\frac{c_i e^{-yt_i}}{B}\right]$$

⊖ 这一公式是基于 Ho-Lee 利率模型，见 T. S. Y. Ho and S. −B. Lee，"Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims"，*Journal of Finance*，41（December 1986），1011-29。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

以上公式括号中的一项为 t_i 时刻现金流的贴现值与债券价值的比率。债券价值等于所有支付现金流的贴现值的总和。因此久期等于现金流时间的加权平均，其中对于 t_i 的权重等于 t_i 时现金流的贴现与债券整体价格的比率，所有权重的和为1.0。

根据式(6-4)，下式近似成立

$$\Delta B = -\Delta y \sum_{i=1}^{n} c_i t_i e^{-yt_i} \tag{6-6}$$

其中，Δy 为 y 的微小变化，ΔB 为相应 B 的微小变化(注意，B 与 y 之间是负相关关系)。当债券收益率上升时，债券价格降低；而当收益率降低时，债券价格上升。由式(6-5)和式(6-6)，我们可以得出以下关于久期的重要关系式

$$\Delta B = -BD\Delta y \tag{6-7}$$

上式可变形为

$$\frac{\Delta B}{B} = -D\Delta y \tag{6-8}$$

式(6-8)是关于债券价格百分比变化同其收益率百分比变化的一个近似关系式。该式非常易于应用，这也是久期公式最初由麦考利(Macaulay)提出后被广泛采用的原因。

考虑某个面值为100美元、券息利率为10%的3年期债券。该债券连续复利的年收益率为12%，即 $y = 0.12$，每6个月付息一次，券息值为5美元。表6-4显示了有关债券久期计算的步骤，在计算中收益率代替贴现率，计算出的现值位于表中的第3列(例如第1次付息的现值为 $5e^{-0.12\times0.5} = 4.709$)，第3列的数字之和等于债券价格94.213。将第3列中数字除以94.213，可以得到久期的权重。第5列数字之和等于久期，即2.653年。例6-5验证了久期关系式(6-7)的准确性。

表6-4 久期的计算

时间(年)	现金流(美元)	现值	权重	时间×权重
0.5	5	4.709	0.050	0.025
1.0	5	4.435	0.047	0.047
1.5	5	4.176	0.044	0.066
2.0	5	3.933	0.042	0.083
2.5	5	3.704	0.039	0.098
3.0	105	73.256	0.778	2.333
总和	130	94.213	1.000	2.653

利率的微小变化通常用基点来描述，如上所述，一个基点对应于0.01%。

【例6-5】 久期关系式

表6-4描述的债券价格为94.213，久期为2.653，根据式(6-7)有

$$\Delta B = -94.213 \times 2.653 \times \Delta y$$

即

$$\Delta B = -249.95\Delta y$$

当收益率增加10个基点(=0.1%)，即 $\Delta y = +0.001$ 时，久期公式预计 ΔB 为

$$\Delta B = -249.95 \times 0.001 = -0.250$$

久期公式预计债券价格会下降到94.213－0.25＝93.963，为了检验这个预测的准确性，我们计算当收益率增加10个基点到12.1%时的债券价格

$$5e^{-0.121\times0.5} + 5e^{-0.121\times1.0} + 5e^{-0.121\times1.5} + 5e^{-0.121\times2.0} + 5e^{-0.121\times2.5} + 105e^{-0.121\times3.0}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

= 93.963 美元

这同我们用久期公式预计的变化相同（精确到小数点后第 3 位）。

6.4.1 修正久期

以上分析建立在收益率 y 为连续复利的前提之下，如果 y 为一年复利一次的利率，式(6-7)变形为

$$\Delta B = -\frac{BD\Delta y}{1+y}$$

如果 y 为一年 m 次复利的一般情形，则

$$\Delta B = -\frac{BD\Delta y}{1+y/m}$$

定义变量 D^* 为

$$D^* = -\frac{D}{1+y/m}$$

这一变量被称为债券的**修正久期**(modified duration)，此变量将久期关系式简化为

$$\Delta B = -BD^*\Delta y \tag{6-9}$$

其中，y 为每年复利 m 次的利率。例 6-6 验证了修正久期的准确性。

另外一个常用的名词为**绝对额久期**(dollar duration)，这一变量为修正久期与债券价格的乘积，因此 $\Delta B = -D^{**}\Delta y$，其中，$D^{**}$ 为绝对额久期。

【例 6-6】 修正久期关系式

表 6-4 描述的债券价格为 94.213 美元，久期为 2.653 年。每年复利两次的收益率为 12.367 3%，修正久期为

$$D* = \frac{2.653}{1+0.123\,673/2} = 2.499$$

由式(6-9)，我们得出

$$\Delta B = -94.213 \times 2.498\,5\Delta y = -235.39\Delta y$$

其中，收益率（一年复利 2 次）增加 10 个基点(0.1%)，即 $\Delta y = +0.001$。久期关系式预计债券价格变化 ΔB 为 $-235.39 \times 0.001 = -0.235$，因此债券价格下降到 94.213 − 0.235 = 93.978。通过一个几乎与前面的实例相同的计算步骤，我们可以计算当收益率增加 10 个基点，即对应的收益率 y = 12.467 3% 时（或 12.094 1% 以连续复利计量）的债券价格，其值为 93.978，这一实例说明：当债券收益率变化较小时，修正久期计算公式非常精确。

6.4.2 债券组合

债券组合的久期 D 可以被定义为构成债券的组合中每一个债券的久期的加权平均，其权重与相应债券价格成正比。式(6-7)至式(6-9)在这里适用，其中 B 为债券组合的价值。这些公式可以用来估计债券收益的一个微小变化对证券组合价值的影响。

当将久期的概念用于债券组合时，我们隐含地假设债券所有的收益率的变化相同，认识到这一点很重要。因此我们应将式(6-7)至式(6-9)解释为，收益率曲线平行移动 Δy 对于债券组合价值的影响。

对于收益曲线较小的平移，久期可以检测组合价值的相应变化。图 6-1 表明具有相同久期的两个交易组合价值与收益率之间的不同变化，这两个投资组合在起始点的导数（切线）相同，这意

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

味着，当收益率有较小的变化时，两个交易组合价值变化同收益率变化的百分比相同，这与式(6-8)一致，当利率变化较大时，两个组合价值百分比变化有所不同。组合 X 的曲率要比组合 Y 大。这一被称之**曲率**(convexity)的变量用来检验曲线的凸凹变化(curvature)的程度，它可被用来改善式(6-8)的准确性。

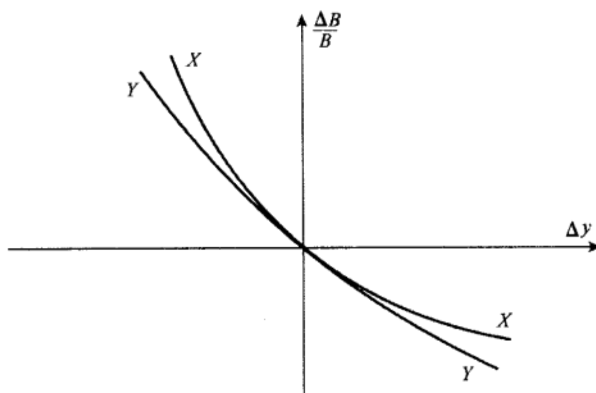


图 6-1 两个具有相同久期的债券组合

6.4.3 对资产及负债组合的对冲

金融机构常常通过确保其资产平均久期等于其负债平均久期来对冲面临的利率风险(负债可以被认为等同于债券的短头寸)。这种策略被称为**久期匹配**(duration matching)，或证券**组合免疫**(portfolio immunization)。在实施这种策略之后，可以保证利率微小的平行移动不会对资产及负债组合的价值产生太大的影响，即资产的收益(损失)与负债的损失(收益)相互抵消。

久期匹配不能使得证券组合免疫于收益率曲线的非平行移动(即其价格不受平行移动的影响)，这是该对冲策略的不足之处。在实践中，短期利率的变化幅度较大，并且与长期利率没有完美的相关性，有时甚至短期利率及长期利率会朝两个相反的方向变动，久期匹配只是进行利率管理的第1步，因此金融机构开发出了其他管理利率风险的方法(见业界实例6-3)。

业界实例 6-3　银行的资产负债管理

如业界实例4-3所示，在20世纪60年代、70年代和80年代，许多银行接受短期存款并同时进行长期贷款，因此导致了一些著名银行破产的事件。

现在银行的资产负债管理(ALM)委员会谨慎地监测自身的利率风险头寸。管理过程的第1步是保证资产与负债的久期相匹配，但这种措施并不能在收益率曲线非平行移动时为银行提供保护。这时，一种流行的做法是**缺口管理**(GAP Management)，这一管理方法将零息收益率曲线切为几段(buckets)。第1段可能是0到第1个月，第2段为第1个月到第3个月，等等。ALM管理委员会检验零息收益率曲线的某一段移动而同时其他段不动时的情形对资产及负债价值的影响。

如果有任何不匹配，银行会采取一定的改正措施。幸运的是，同20世纪60年代相比，银行今天已经有了更多的工具来管理自身对利率风险的暴露，包括利率互换、远期利率合约(FRAs)、债券期货、欧洲美元期货及其他形式的利率衍生产品。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

6.5 采用期货实现基于久期的对冲

假定我们持有某个与利率有关的资产组合，例如债券组合或货币市场证券。我们在这里考虑如何利用利率期货来对该资产组合进行对冲。定义：

V_F ——利率期货合约的价格；

D_F ——期货标的资产在期货到期日的久期值；

P ——被对冲的债券组合在对冲到期日的远期价格。在实践中，通常假定该价格等于债券组合的当前价格；

D_P ——被对冲的证券组合在对冲到期日时的久期值。

如果假定对于所有期限，收益率的变动均为 Δy，这意味着利率曲线的变动为平行移动。因此，以下方程近似正确：

$$\Delta P = -PD_P\Delta y$$

以下方程也近似正确：

$$\Delta V_F = -V_FD_F\Delta y$$

因此，用于对冲 Δy 变动所需的合约的数量为

$$N^* = \frac{PD_P}{V_FD_F} \tag{6-10}$$

这一公式被称为**以久期为基础的对冲比率**(duration based hedge ratio)，也被称为**价格敏感性对冲比率**(price sensitivity hedge ratio)。利用这一关系式，可以使得整体证券头寸的久期变为0。

当采用国债期货进行对冲时，对于交割某个特定的债券，对冲者一定以 D_F 为假设前提。这意味着对冲者在实施对冲时，必须估计哪一个债券可能是最便宜可交割债券。如果利率环境发生了变化，以至于其他债券变成最便宜可交割债券，则对冲者必须将对冲头寸进行调节，因此对冲效果也许比预期的要差。

利用利率期货进行对冲时，对冲者应注意利率与期货价格呈相反方向变动。当利率上升时，利率期货价格下降；当利率下降时，利率期货价格上升。因此，在利率下降时将承受损失的公司应进入期货的长头寸；类似地，在利率上升时将承受损失的公司应进入期货的短头寸。

对冲者应选择期货合约以使得标的资产的久期尽量等于被对冲资产的久期。欧洲美元期货常常被用于短期利率头寸对冲，而长期国债及中期国债期货常常被用于长期利率头寸对冲。

6.5.1 债券组合的对冲

考虑某基金经理在8月2日将1 000万美元投资于政府债券的情形。基金经理担心利率在今后3个月变动幅度太大会对投资带来负面影响，他决定采用12月份的国债期货来对冲债券组合的价值变化。期货的当前价格为93－02，即93.0625。由于每一份合约面值为100 000美元，因此期货价格为93 062.50美元。

证券组合在3个月后的久期为6.8年。国债中最便宜的可交割债券预计为20年期、券息率为12%的债券。该债券当前收益率为年率8.8%，在期货到期时，其久期为9.2年。

基金经理需要进入国债期货的短头寸来对冲其证券组合的价格变动。如果利率上升，期货短头寸会带来收益，同时债券组合会产生损失；如果利率下降，期货短头寸会带来损失，但债券组合会产生收益。基金经理需要卖出债券期货短头寸的数量可由式(6-10)求得，其数量为

$$\frac{100\ 000\ 000 \times 6.80}{93\ 062.50 \times 9.20} = 79.42$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

将以上数字取整，基金经理需要卖出79份合约。

例6-7显示了具体过程，假定在8月2日与11月2日之间，利率急剧下降，债券组合价值由1 000万美元变为1 045万美元。假定在11月2日，债券期货价格为98－16，与其对应的合约价值为98 500美元。国债期货的整体损失为

$$79 \times (98\ 500.00 - 93\ 062.50) = 429\ 562.50 \text{ 美元}$$

因此基金经理的头寸的价值净变化仅为

$$450\ 000.00 - 429\ 562.50 = 20\ 437.50 \text{ 美元}$$

因为基金经理在期货头寸中产生损失，也许会对实施对冲感到不悦。平均而言，大约有一半实施这种对冲的人会感到不悦。不幸的是，在对冲之前，我们并不知道对冲的效果是好还是坏。

【例6-7】 对冲债券组合的风险

假定今天是8月2日。某基金经理负责管理价值为1 000万美元的债券组合，他对于今后3个月的利率剧烈变化十分担心，于是决定采用国债期货来对冲债券组合的价格变动。12月份国债期货的报价为93－02，因此合约的价值为93 062.50美元。基金经理采用以下对冲策略：

1. 在8月2日进入79份12月份国债期货的短头寸；
2. 在11月2日将交易平仓。

假定在8月2日与11月2日之间，利率急剧下降，债券组合价值从1 000万美元涨至1 045万美元。在11月2日，国债期货价格为98－16（期货价值为98 500.00美元）。国债期货的损失为79×(98 500.00－93 062.50)＝429 562.50美元。该基金经理的头寸价值变化为

$$450\ 000.00 - 429\ 562.50 = 20\ 437.50 \text{ 美元}$$

6.5.2 对浮动利率贷款进行对冲

利率期货可被企业用来对冲浮动利率贷款中的利息。由于欧洲美元利率与企业借入资金利率十分接近，因此，欧洲美元期货是用于对冲的理想产品。

考虑一家企业在4月份进入期限为3个月、面值为1 500万美元的贷款情形。在今后3个月中的每一个月，企业所付利率为LIBOR＋1%。在贷款刚刚开始时，1个月期的LIBOR为年率8%，因此企业在第1个月所付利息的利率为年率9%。由于1个月期的LIBOR报价为每月复利，因此第1个月的利息为1 500万美元的0.75%，即112 500美元。这一数量在贷款刚刚开始时为确定量，因此无须对冲其风险。

第2个月所付利息由第2个月开始时的1个月期的LIBOR决定，其数量变化可由6月份的欧洲美元期货来对冲。假定这一期货的报价为91.88，由6.3节的结果可知，期货价格为

$$10\ 000 \times [100 - 0.25 \times (100 - 91.88)] = 979\ 700 \text{ 美元}$$

利率上升会使得企业蒙受损失，利率下降会使企业受益，因此企业需要进入期货的短头寸。期货标的资产在期货到期时的期限为3个月，即0.25年。被对冲的负债的久期为1个月，即0.083 33年。由式(6-10)可知，在第2个月，用于对冲利息变动的期货数量为

$$\frac{15\ 000\ 000 \times 0.083\ 33}{979\ 700 \times 0.25} = 5.10$$

取整后得出，企业需要5份合约。

在第3个月，企业需要9月份到期的合约来对冲LIBOR。假定这一期货的报价为91.44，期货价格为978 600美元，用于对冲利息变动的期货短头寸数量为

$$\frac{15\ 000\ 000 \times 0.083\ 33}{978\ 600 \times 0.25} = 5.11$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

取整后得出，企业需要5份合约。因此，在第2个月，企业需要5份6月份到期的合约的短头寸来对冲 LIBOR；同时在第3个月，企业需要5份9月份到期的合约的短头寸来对冲 LIBOR。6月份合约的平仓日为5月29日，9月份合约的平仓日为6月29日。

例6-8介绍了如何对冲。假定在5月29日，一个月期 LIBOR 为8.8%，同时6月份期货价格为91.12，对应于合约价值为977 800美元，因此在6月份合约中，公司的盈利为

$$5\times(979\ 700-977\ 800)=9\ 500\text{ 美元}$$

这为由于利率由8%变为8.8%而引发的在第2个月底支付的10 000美元的额外利息成本(即1 500万美元0.8%的1/12)提供了补偿。

在6月29日，1个月期限的 LIBOR 为9.4%，9月份期货价格为90.16。公司从5份9月份合约中收益16 000美元，这为因利率由8%升至9.4%而带来的17 500美元的额外利息成本提供了补偿。

如例6-8中所讨论的，对冲现金流的时间并不完全匹配被对冲的现金流。

【例6-8】 对浮动利率贷款的对冲

假定今天为4月29日。某企业刚刚借入了1 500万美元3个月期限的贷款，贷款每个月的利率为 LIBOR +1%，该企业想对冲其面临的风险，企业获得了以下产品的报价：

- 1个月期的 LIBOR 为8%；
- 6月份欧洲美元期货价格为91.88；
- 9月份欧洲美元期货价格为91.44。

公司决定采取以下行动：

- 卖出5份6月份合约及5份9月份合约；
- 在5月29日对6月份合约进行平仓；
- 在6月29日对9月份合约进行平仓。

在5月29日，1个月期的 LIBOR 为8.8%，6月份期货价格为91.12。企业从5份6月份合约中收益为5×(979 700 −977 800) = 9 500美元。这为由于利率由8%变为8.8%而引发的10 000美元的额外利息提供了补偿。

在6月29日，1个月期的 LIBOR 为9.4%，9月份的期货价格为90.16，企业从5份9月份合约中收益16 000美元，这为额外的17 500美元的利息成本提供了补偿。

小　结

美国有两种最流行的利率期货：国债期货和欧洲美元期货。在国债期货中，短头寸方有以下几种交割方式：

1. 交割月份的任意一天均可进行交割；
2. 在交割中，有几种债券可作为选择。
3. 在交割月中的任意一天，以下午2点交割价格为基准的交割通知可以在下午8点之前的任意时间发出。

这些选择往往会压低期货价格。

欧洲美元期货是关于在交割月份的第3个星期三开始的3个月期利率的合约。在构造 LIBOR 零息曲线时，欧洲美元期货利率常常被用于估算 LIBOR 远期利率。当采用长期限合约时，因为期货合约的按市定价的要求，我们必须对期货利率进行曲率调节。

在对冲利率风险时，久期是一个重要的概念。久期可用于衡量投资者收到现金流所需要等待的平均时间，它等于付款时间的加权平均，其中在某一付款时间的权重与支付数量的现值成正比。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

本章阐述的基于久期的对冲策略中，一个核心结论为

$$\Delta B = -BD\Delta y$$

其中，B 为债券价格，D 为久期，Δy 为收益率（连续复利）的微小变化，ΔB 为收益率变化引起的 B 的微小变化。这一公式使得对冲者能够评估某种债券对收益率微小变化的敏感性，也可以帮助对冲者评估利率期货价格对标的产品收益率微小变化的敏感性。如果对冲者假定所有债券的收益率变动均为 Δy，他就可以由此计算出为了确保债券或债券组合不受微小的利率变化影响所需要的期货的数量。

基于久期对冲的一个关键假设是所有的利率变化幅度均相等，这意味着利率期限结构只能平行移动。在实践中，短期利率一般比长期利率变化更为剧烈，并且如果期货合约的标的债券的久期与被对冲的资产久期存在明显不匹配，对冲的效果可能会很不好。

推荐阅读

Burghardt, G., and W. Hoskins. "The Convexity Bias in Eurodollar Futures," *Risk*, 8, 3 (1995): 63–70.

Duffie, D. "Debt Management and Interest Rate Risk" in W. Beaver and G. Parker (eds.), *Risk Management: Challenges and Solutions*. New York: McGraw-Hill, 1994.

Fabozzi, F.J. *Duration, Convexity, and Other Bond Risk Measures*, Frank J. Fabozzi Assoc., 1999.

Grinblatt, M., and N. Jegadeesh. "The Relative Price of Eurodollar Futures and Forward Contracts," *Journal of Finance*, 51, 4 (September 1996): 1499–1522.

测验题

6.1 某美国国债在每年1月7日和7月7日支付7%券息，对于面值100美元的美国国债，从2011年7月7日至2011年8月9日之间的应计利息是多少？如果该债券为企业债券，答案会有什么不同？

6.2 假定现在是2013年1月9日。某券息率12%并在2020年10月12日到期的美国国债的价格为102－07。该债券的现金价格是多少？

6.3 如何计算芝加哥交易所的债券转换因子？如何应用这些转换因子？

6.4 当一份欧洲美元期货合约的价格由96.72变化为96.82时，持有2个债券长头寸的投资者的盈亏是多少？

6.5 对于欧洲美元期货利率所做的曲率调节的目的是什么？

6.6 一个债券组合的久期告诉了你关于债券组合价值与利率之间敏感度的什么信息？久期的局限性是什么？

6.7 假定现在为1月30日，你负责管理的某债券组合的价值为600万美元，在6个月后的久期为8.2年。9月份到期的国债期货的当前价格为108－15，并且最便宜可交割债券在9月份的久期为7.6年。对于今后6个月的利率变化，你将如何进行对冲？

练习题

6.8 某90天期限的国库券的报价为10.00。某投资者持有该债券90天，该投资者以连续复利计算的收益率是（以"实际天数/365"计量）多少？

6.9 假定今天为2010年5月5日。在2014年7月27日到期、券息率为12%的某国债报价

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

为 110－17。这一债券的现金价格是多少？

6.10 假定国债期货的价格为 101－12，以下 4 种债券中哪一种为是最便宜可交割债券？

债券	价格	转换因子
1	125－05	1.2131
2	142－15	1.3792
3	115－31	1.1149
4	144－02	1.4026

6.11 假定现在是 2012 年 7 月 30 日。在 2012 年 9 月到期的国库券期货所对应的最便宜可交割债券的券息率为 13%，交割预计时间为 2012 年 9 月 30 日，券息每年 2 月 4 日和 8 月 4 日支付。期限结构为水平，相应的利率为年率 12%（每半年复利一次）。该债券的转换因子为 1.5，债券的当前价格为 110 美元。计算这一期货合约的报价。

6.12 某投资者在国库券期货市场寻找套利机会。具有短头寸的投资者可以选择支付任意期限大于 15 年的债券，这种选择会带来什么样的复杂性？

6.13 假定 9 个月期 LIBOR 为年率 8%，6 个月期 LIBOR 为年率 7.5%（两种利率计量天数惯例均为“实际天数/365”及连续复利）。请估计在 6 个月后到期的 3 个月期限欧洲美元期货的报价。

6.14 一个 5 年期的债券的年收益率为 11%（连续复利），券息率为 8%，在年底支付，请问：

a. 债券价格是多少？

b. 债券的久期是多少？

c. 利用久期说明收益率下降 0.2% 对债券价格的影响。

d. 重新计算当收益率为 10.8% 时的债券价格，验证计算结果与 c 的答案的一致性。

6.15 假设久期为 12 年的债券组合被标的资产为 4 年期限的期货合约对冲。12 年期的利率比 4 年期利率更为稳定的事实对对冲的影响是什么？

6.16 假设现在为 2 月 20 日，某资金部主管意识到公司要在 7 月 17 日发行 500 万美元、期限为 180 天的商业票据。如果商业票据在今天发行，公司发行收入为 482 万美元（也就是说，公司可得资金 482 万美元，在 180 天后以 500 万美元将票据赎回）。9 月份欧洲美元的报价为 92.00。资金部主管如何对冲其风险暴露？

6.17 在 8 月 1 日，某证券组合经理的债券组合价值为 1 000 万美元，债券组合久期为 7.1 年。12 月份国债期货的价格为 91－12，并且最便宜可交割债券在期货到期时的久期为 8.8 年。该证券组合经理应如何使得债券价值不受接下来的两个月利率变化的影响？

6.18 某证券组合经理采取什么样的交易可将练习题 6.17 中的债券组合的久期转换为 3.0 年？

6.19 在 2012 年 10 月 30 日与 2012 年 11 月 1 日之间，你可以选择或者拥有券息率为 12% 的美国国债或者券息率为 12% 的美国企业债券。仔细考虑本章所讨论的天数计量惯例，在其他条件相等的情况下，你更愿意持有哪一种债券？

6.20 假定 60 天到期的欧洲美元期货的报价为 88。介于 60 天与 150 天之间的 LIBOR 是多少？在这一问题中忽略期货合约与远期合约的不同。

6.21 一份 6 年到期的 3 个月欧洲美元期货合约的价格为 95.20，一年短期利率变化的标准差为 1.1%。计算介于 6 年与 6.25 年之间的 LIBOR 远期利率。

6.22 请解释为什么远期利率小于相应的由欧洲美元期货合约中得出的期货利率。

作业题

6.23 某 12 月份到期的欧洲美元期货合约的报价为 98.40，一家公司预计在 12 月份要借入 800 万美元，为期 3 个月，利率为 LIBOR 加 0.5%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

(a)利用欧洲美元期货合约，该公司可以锁定什么样的利率？

(b)公司应该进入什么样的头寸？

(c)如果3个月的实际利率变为1.3%，期货合约的最终结算价格是多少？

忽略欧洲美元期货合约与利率现金流之间时间的不匹配性。

6.24 在5.1年到5.35年间的欧洲美元期货的报价为97.1。一年期短期利率变化的标准差为1.4%，估计FRA的远期利率。

6.25 假设现在是2011年3月10日，2010年12月国债期货的最便宜可交割债券为8%券息，2011年12月31日交割；券息支付在每年的3月1日和9月1日。利率期限结构为平，连续复利，年利率为5%，债券的转换因子为1.2191，现在的报价为137美元。请计算合约的期货价格。

6.26 假设一家银行可以在LIBOR市场以相同的利率借入或借出美元。90天的利率为年率10%，180天的利率为年率10.2%，两个利率均为连续复利，天数计量惯例为“实际天数/实际天数”，90天到期的欧洲美元期货的报价为89.5。对银行而言，这时会有什么样的套利机会？

6.27 某加拿大公司想采用美国欧洲美元期货及外汇远期合约来生成加元的LIBOR期货合约。举说明解释公司如何达到目的。在本题中假定期货合约与远期合约等同。

6.28 证券组合A由面值为2 000美元的一年期零息债券和一个面值为6 000美元的10年期零息债券组成。证券组合B由面值为5 000美元的5.95年期零息债券组成。所有债券的收益率均为10%。

a. 证明两个组合具有相同的久期。

b. 证明当收益率上升0.1%时，两个证券组合的价值变化的百分比相同。

c. 如果收益率增加5%，两个证券组合价值变化的百分比是多少？

6.29 假定现在是2010年6月25日，CBOT的2010年6月的债券期货合约的价格为118-23。

a. 计算一个在2026年1月1日到期、券息为10%的债券的转换因子。

b. 算一个在2031年10月1日到期、券息为7%的债券的转换因子。

c. 假定(a)和(b)中的债券报价分别为169.00和136.00，哪一个债券交割更便宜？

d. 假定最便宜可交割债券已经被支付，出售债券的现金价格为多少？

6.30 在今后3个月，某证券组合经理打算采用国债期货合约来对冲其证券组合。证券组合价值为1亿美元，在3个月后久期为4年。期货价格为122，每一份期货合约是关于10 000美元的债券。在期货到期时，预计的最便宜可交割债券的久期为9年。对冲所要求的期货头寸是多少？

a. 在1个月后最便宜可交割债券转换为一个具有7年久期的债券，对冲要进行什么样的调整？

b. 假定在3个月后，所有利率均有所增长，但长期利率增长幅度小于中期和短期利率增长幅度。这对于对冲的影响是什么？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 7

第 7 章

互　　换

第 1 个互换合约签署于 20 世纪 80 年代初。从那之后，互换市场发展迅猛，现在互换合约在场外衍生产品市场起了非常重要的作用。

互换是指两家公司之间达成的在将来互换现金流的合约，在合约中，双方约定现金流的互换时间以及现金流数量的计算方法。通常来讲，对于现金流的计算会涉及利率、汇率及其他市场变量将来的价值。

一份远期合约可以被看做一个最简单的互换合约。假定现在时间为 2011 年 3 月 1 日，某公司签署了一份一年期的远期合约，在合约中该公司同意在一年后以每盎司 900 美元的价格购买 100 盎司的黄金，一年后，公司收到黄金后可以马上在现货市场将黄金变卖。这份在 2012 年 3 月 1 日生效的远期合约可以被认为是一个互换合约，在该合约中，公司同意在一年后也就是在 2012 年 3 月 1 日以现金 90 000 美元换取数量为 $100S$ 美元的现金流，这里的 S 为一年后黄金的市场价格。

远期合约可以等同为在今后的某一单一时间现金流的互换，而互换合约通常阐明在今后的若干时间互换现金流。本章将检验互换的设计过程、应用方式以及定价方法。我们将主要讨论市场上流行的两类互换：标准利率互换及固定息与固定息(fixed - for - fixed)的货币互换。其他类型的互换将在第 22 章讨论。

7.1　互换合约的机制

最简单的互换合约为标准利率互换(plain vanilla swap)。在这种互换中，某公司同意向另一家公司在今后若干年支付以事先约定的本金产生的固定息现金流，作为收益，该公司将收入以相同的本金而产生的浮动息现金流。

7.1.1　LIBOR

许多利率互换合约中的浮动利率是第 4 章所引入的伦敦同业银行间拆出利率(LIBOR)。这一

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

利率是指银行在欧洲货币市场向其他 AA 级银行提供资金（即将资金存入其他银行）的利率。世界上所有的主要货币均提供1个月期、3个月期、6个月期和12个月期的 LIBOR 报价。

在国内金融市场，最佳客户利率（prime rate）常常被用来作为浮动息贷款计息的参照利率。与这一点相似，LIBOR 常常用于国际金融市场中的贷款计息的参照利率。为了理解 LIBOR 的应用方式，考虑一个5年期的债券，该债券的券息率为6个月期 LIBOR +0.5%，其期限划分为长度6个月的10个小的时间段，每个时间段（即6个月）所对应的券息为6个月期 LIBOR 加上0.5%所产生的利息，LIBOR 的设定是在每个时间段的开始，而相应的利息支付在每个时间段的末尾。

7.1.2 说明

考虑一个虚拟的从2010年3月5日开始的3年期的利率互换合约。假定这一互换合约在微软公司及英特尔公司之间达成。假定微软同意向英特尔支付年息5%、本金1亿美元所产生的利息；作为收益，英特尔向微软支付6个月期及由同样本金所产生的浮动利息。同时，假定合约约定双方每6个月互换现金流。这里的5%固定利率为每半年复利一次。互换如图7-1所示。

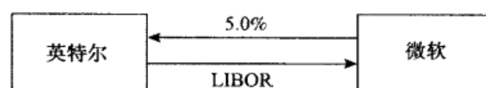


图7-1 微软及英特尔之间的利率互换交易

第1次利息互换发生在2010年9月5日，对应于合约达成6个月之后。微软将向英特尔支付250万美元，这个数额是由年利率5%和本金1亿美元在6个月的时间内所产生的利息。英特尔将向微软支付浮动利息，其数额等于1亿美元乘以2010年9月5日之前的利率确定日，即在2010年3月5日所确定的6个月期的 LIBOR。假定在2010年3月5日确定的6个月期的 LIBOR 为4.2%，因此英特尔向微软支付的浮动利息为0.5×0.042×1亿=210万美元。[⊖]注意，对于首期支付的利息没有不确定性，因为它是由合约签署时的 LIBOR 决定的。

第2次利息互换发生在2011年3月5日，即合约签署一年以后。微软将向英特尔支付250万美元，英特尔将向微软支付浮动利息，其数量等于1亿美元乘以2011年3月5日之前的利率确定日，即在2010年9月5日确定的6个月期的 LIBOR。假定在2010年9月5日确定的6个月期 LIBOR 为4.8%，英特尔向微软支付的浮动利息为0.5×0.048×1亿=240万美元。

这一互换总共包括6笔利息的互换，其中固定利息总是为250万美元，在浮动息的付款日所支付的浮动利息是利用付款日之前已确定的6个月期的 LIBOR 计算的。在实践中，利率互换通常只需要一方支付互换现金流的差额。在本例中，2010年9月5日，微软向英特尔支付40万美元（250－210）；2011年3月5日，微软向英特尔支付10万美元（250－240）。

表7-1显示了本例中对应一组特定的6个月期 LIBOR 所有的利息支付，该表是从微软公司的角度所看到的现金流。注意，这里的1亿美元本金只是在计算利息时才被采用，本金并没有进行互换，这也就是我们为什么将它称为**名义本金**（notional principal）的原因（在英文中本金也被称为 notional）。

表7-1 微软公司支付本金为1亿美元的固定利率，并同时收入浮动利率的3年期利率互换的现金流（以百万美元计）

日 期	6个月 LIBOR（%）	收入的浮动现金流	支付的固定现金流	净现金流
2010年3月5日	4.20			
2010年9月5日	4.80	+2.10	−2.50	−0.40
2011年3月5日	5.30	+2.40	−2.50	−0.10

⊖ 在这里我们忽略了计量天数惯例，我们将在本章的后面进一步讨论这一点。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

（续）

日　期	6 个月 LIBOR(%)	收入的浮动现金流	支付的固定现金流	净现金流
2011 年 9 月 5 日	5.50	+2.65	-2.50	+0.15
2012 年 3 月 5 日	5.60	+2.75	-2.50	+0.25
2012 年 9 月 5 日	5.90	+2.80	-2.50	+0.30
2013 年 3 月 5 日		+2.95	-2.50	+0.45

如果在以上互换中交换本金，那么交易性质并没有改变。这是因为，固定利息以及浮动利息所对应的本金相同，在互换的末尾交换 1 亿美元资金对双方都不会产生任何经济价值。表 7-2 显示了在表 7-1 互换结束时加入本金交换后的现金流状况。该表为我们提供了看待互换交易的一种有趣的方式。表中第 3 列对应于一个浮动利率债券长头寸的现金流，表中第 4 列对应于一个固定利率债券短头寸的现金流。该表说明利率互换可以被看做固定利率债券与浮动利率债券的互换。表 7-2 显示了微软的头寸为浮动利率债券的长头寸与固定利率债券的短头寸的组合；英特尔的头寸为浮动利率债券的短头寸与固定利率债券的长头寸的组合。

表 7-2　表 7-1 中的互换在最后交换本金时的现金流(以百万美元计)

日　期	6 个月 LIBOR(%)	收入的浮动现金流	支付的固定现金流	净现金流
2010 年 3 月 5 日	4.20			
2010 年 9 月 5 日	4.80	+2.10	-2.50	-0.40
2011 年 3 月 5 日	5.30	+2.40	-2.50	-0.10
2011 年 9 月 5 日	5.50	+2.65	-2.50	+0.15
2012 年 3 月 5 日	5.60	+2.75	-2.50	+0.25
2012 年 9 月 5 日	5.90	+2.80	-2.50	+0.30
2013 年 3 月 5 日		+102.95	-102.50	+0.45

在互换中，现金流的这种特性有助于解释为什么互换中的浮动利率在浮动利息支付前 6 个月就得以确定。在浮动利率债券中，利率通常在其适用期限的开始就得以确定并在期限的末尾支付。表 7-2 所显示的“标准型”利率互换中的浮动利率计算恰好说明这一点。

互换交易变化形式多种多样，这也是互换交易之所以流行的原因。例 7-1 从图 7-2 和图 7-3 出发，总结了微软和英特尔进入图 7-1 所示的交易的原因。

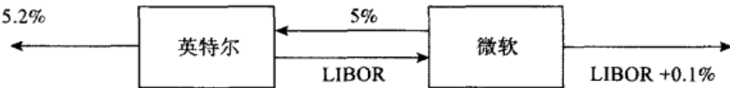


图 7-2　微软和英特尔采用利率互换来转变负债

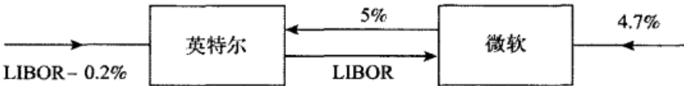


图 7-3　微软和英特尔采用利率互换来转变资产

【例 7-1】　互换交易变化形式的多种性

互换交易有许多不同形式的应用，互换市场也因此蓬勃发展。图 7-1 所示的互换交易可以用来改变债务和资产的性态。

改变债务性态

图 7-2 说明微软可以利用互换交易将其浮动利息债务转换为固定利息债务，同时英特尔

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

可以进行反向交易：

	微软	英特尔
贷款支付	LIBOR +0.1%	5.2%
加上：互换支付	5.0%	LIBOR
减去：互换收入	−LIBOR	−5.0%
净支付	5.1%	LIBOR +0.2%

改变资产性态

图 7-3 说明微软可以利用互换交易将其固定利率资产转换为浮动利率资产，同时英特尔可以进行反向交易：

	微软	英特尔
投资收入	4.7%	LIBOR −0.2%
减去：互换支付	−5.0%	−LIBOR
加上：互换收入	LIBOR	5.0%
净收入	LIBOR −0.3%	4.8%

7.1.3 利用互换转变负债的性态

对微软公司而言，利率互换可将其浮动利率贷款转换为固定利率贷款。假定微软公司已经持有了以 LIBOR +10 个基点的利率、面值 1 亿美元(一个基点是 1% 的 1%，实际贷款利率为 LIBOR +0.1%)的贷款。当微软公司进入互换合约后，有以下 3 笔现金流：

1. 支付给外部贷款人的利率为 LIBOR +0.1%；
2. 在互换合约中收入 LIBOR；
3. 在互换合约中支付 5%。

以上 3 笔现金流的净效果为支出现金流 5.1%。该互换将微软的 LIBOR +10 个基点的浮动利率贷款转换为 5.1% 的固定利率贷款。

对于英特尔公司而言，利率互换可将其固定利率贷款转换为浮动利率贷款。假定英特尔公司已经持有 5.2% 的利率、面值 1 亿美元的 3 年期贷款。当英特尔公司进入互换合约后，有以下 3 笔现金流：

1. 支付给外部贷款人的利率为 5.2%；
2. 在互换合约中支付 LIBOR；
3. 在互换合约中收入 5%。

以上 3 笔现金流的净效果为支出现金流的年率 LIBOR +20 个基点(即 LIBOR +0.2%)。该互换将英特尔 5.2% 的固定利率贷款转换为 LIBOR +0.2% 的浮动利率贷款。

7.1.4 利用互换转变资产的性态

利率互换也可以转换资产的性态，考虑本例中的微软公司。利用利率互换，微软公司可以将收入为固定利率的资产转换为收入为浮动利率的资产。假定微软拥有面值为 1 亿美元的 3 年期债券，债券每年提供的券息为 4.7%。当微软公司进入互换合约后，会有以下 3 笔现金流：

1. 债券收入为 4.7%；
2. 在互换合约中收入 LIBOR；
3. 在互换合约中支付 5%。

以上 3 笔现金流的净效果为收入现金流的年率等于 LIBOR 减去 30 个基点。因此，对于微软而言，互换的一种应用是将固定利率为 4.7% 的资产转换为浮动利率为 LIBOR −0.3% 的资产。

接下来考虑英特尔公司，利率互换可将其浮动利率资产转换为固定利率资产。假定英特尔拥有一项 1 亿美元的投资，其收益为 LIBOR 减去 20 个基点。当英特尔公司进入互换合约后，会有以下 3 笔现金流：

1. 投资收入为 LIBOR 减去 20 个基点；

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

2. 在互换合约中支付 LIBOR；
3. 在互换合约中收入5%。

以上3笔现金流的净效果是收入现金流的年率为4.8%。对于英特尔而言，利率互换可将其浮动利率等于 LIBOR 减去20个基点的资产转换为固定利率为4.8%的资产。

7.1.5 金融媒介的作用

一般来说，类似微软和英特尔这样的非金融公司并不会像图7-2和图7-3所示的方式直接联系并进行互换交易，这些公司都会同银行或其他金融机构进行联系。金融机构会安排“标准”型的固定与浮动利率互换，在每一对相互抵消的交易中，金融机构的收入为3~4个基点(0.03%~0.04%)。

图7-4说明了在图7-2的情况下金融机构可以扮演的角色。金融机构分别与微软公司和英特尔公司签署了两个相互抵消的互换。假定两家公司均不违约，金融机构肯定可以获得本金为1亿美元、年率为0.03%(3个基点)的盈利(一年盈利大约为3万美元)。微软最终以5.115%(而不是图7-2所示的5.1%)的利率贷款；英特尔最终以 LIBOR +21.5个基点(而不是图7-2所示的 LIBOR +20个基点)的利率贷款。

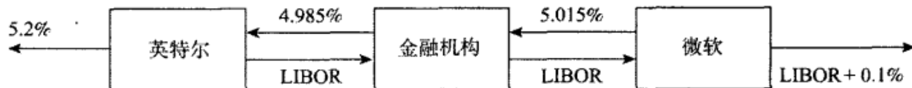


图7-4 当金融机构介入时，图7-2所对应的利率互换

图7-5说明了在图7-3情形下金融机构的角色。互换与前面一样，如两家公司均不违约，那么金融机构肯定能赚取3个基点的利息。微软将会赚取 LIBOR 减去31.5基点(而不是 LIBOR 减去30基点)的利息，而英特尔将会赚取4.785%(而不是图7-3中的4.8%)的利息。

注意，在每一种情况下，金融机构有两份单独的合约：一份是与英特尔的，另一份是与微软的。在大多数情况下，英特尔甚至不知道金融机构与微软进行了抵消性的互换合约，反之亦然。如果一家公司违约，金融机构必须履行与另一方的合约。金融机构的3个基点差价收入的一部分是补偿它所承担的由于交易对手违约而带来的信用风险。



图7-5 当金融机构介入时，图7-3所对应的利率互换

7.1.6 做市商

在实践中，两家公司不可能同时与某家金融机构接触并持有相同的而只是头寸相反的互换，因此许多金融机构扮演着互换做市商的角色。这意味着金融机构在进入利率互换的同时，并不一定要进入与其他交易对手之间的互换交易。[㊀]做市商必须对自身面临的风险进行定量化，并采取对冲措施。互换合约的做市商可以采用债券、远期利率合约、利率期货等产品来对冲风险。表7-3是某做市商可能给出的关于标准美元互换的报价。[㊁]一般来说，溢差的买入卖出差价为3~4个基点。买入卖出利率的平均值被称为**互换利率**(swap rate)，表7-3的最后一列为互换利率。

㊀ 这一做法有时被称为互换交易的储存(warehousing)。

㊁ 在美国的标准利率互换合约中，固定利率一般是每6个月付一次，而浮动利率 LIBOR 为每3个月付一次。表7-1中的分析假定固定和浮动利率均为6个月付一次。在今后我们将看到，无论浮动利率是每3个月支付还是每6个月支付，固定利率均不变。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表7-3 某利率互换市场中的互换利率买入与卖出报价(年利率%)；利息互换每半年一次

期限(年)	买入价	卖出价	互换利率
2	6.03	6.06	6.045
3	6.21	6.24	6.225
4	6.35	6.39	6.370
5	6.47	6.51	6.490
7	6.65	6.68	6.665
10	6.83	6.87	6.850

考虑一份新的互换合约，该合约中的固定利率等于当前的互换利率。我们可以合理地假设这一互换的价值为0(否则做市商为什么会选择以互换利率为中心的买卖报价呢?)在表7-2中，我们知道互换的价值等于固定利率的债券与浮动利率债券之差。定义：

B_{fix}——我们所考虑的互换中的固定利率债券的价值；

B_{fl}——我们所考虑的互换中的浮动利率债券的价值。

因为互换的价值为0，因此

$$B_{fix} = B_{fl} \tag{7-1}$$

在本章计算LIBOR/互换零息利率曲线时，我们将用到这一结论。

7.2 天数计量惯例

第6.1节曾讨论了天数计量惯例。天数计量惯例影响互换中支付利息的数量，本章实例中的利率并没有真正反映天数计量惯例。例如，我们考虑表7-1中6个月期LIBOR所决定的利息，因为这里的利率为货币市场利率，因此6个月期LIBOR期天数计量惯例为“实际天数/360”。表7-1中的第1个浮动利息支付为210万美元，这一利息所对应的利率为4.2%。因为2010年3月5日与2010年9月5日之间总共有184天，因此利息支付数量为

$$100 \times 0.042 \times \frac{184}{360} = 2.1467\text{（百万美元）}$$

一般而言，在一个互换合约中，以LIBOR计量的浮动利率的现金流等于$LRn/360$，其中，L为本金，R为相应的LIBOR，n为从上一个付款日到今天的天数。

互换中的固定利率天数计量惯例通常也会被阐明，因此，在每个付款日，固定息的支付数量并不一定相同。固定利率的天数计量惯例通常为“实际天数/365”或“30/360”。这些惯例不可以与LIBOR进行类比，因为固定利率适用区为一整年。为了保证利率的可比性，我们要将LIBOR乘以“365/360”或将互换的固定利率乘以“360/365”。为了将问题解释得更加清楚，我们在本章的计算中将忽略天数计量惯例。

7.3 确认书

互换中的**确认书**(confirmation)是由交易双方的代表签署的法律文件。确认书的初稿由总部在纽约的国际互换及衍生产品联合会(International Swaps and Derivatives Association，ISDA)提供。ISDA已经开发出了一些标准协议(Master Agreement)。这些标准协议定义了合约的一些细节及互换合约中所采用的名词，标准协议也阐明了如果某交易方违约将如何对合约进行处理等。业界实例7-1显示了微软与某家金融机构(假设为高盛)在图7-4中的互换合约的确认书摘要。几乎可以确认，一份完整的确认书包含了ISDA标准文件对于这一交易所陈述的所有条款。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

确认书中阐明，业务天惯例(businessday convention)为随后第1个工作日(following business day)，以及以美国的日历决定哪一天为工作日和节假日。这意味着，如果付款日刚好为周末或美国的节假日，则付款日会挪到一下个工作日。[⊖]2010年9月5日是星期天，2010年9月6日是劳动节，因此微软与高盛之间的互换中，第1个付款日为2010年9月7日星期二。

业界实例7-1 一个虚拟的互换交易的确认书摘要

交易日：	2010年2月27日
生效日：	2010年3月5日
业务天惯例(所有天数)：	随后第1个工作日
假期日历：	美国
终止日：	2013年3月5日
固定息方	
固定利率付出方：	微软
固定利率名义本金：	1亿美元
固定利率：	年率5.015%
固定利率天数计量惯例：	实际天数365
固定利息支付日：	2010年9月5日和2013年3月5日(包括这一天)之间所有的3月5日和9月5日
浮动息方	
浮动利息付出方：	高盛
浮动利息本金：	1亿美元
浮动利率：	6个月期的美元LIBOR
浮动利率天数计量惯例：	实际天数/360
浮动利息支付日：	2010年9月5日和2013年3月5日(包括这一天)之间所有的3月5日和9月5日。

7.4 比较优势的观点

一种观点可用于解释为什么互换合约如此流行，这一观点被称为**比较优势**(comparative-advantage)观点。考虑利用利率互换转换负债性态的实例。有人认为，某些公司在固定利率市场贷款具有比较优势，而某些公司在浮动利率市场贷款具有比较优势。为获取一笔新的贷款，公司会进入自身有比较优势的市场。因此，公司可能会取得固定利率借款而其本想采用浮动利率贷款，也有的公司可能会取得浮动利率借款而其本想采用固定利率贷款。互换合约可以用于将固定利率贷款转化为浮动利率贷款，反之亦然。

假定两家公司AAACorp和BBBCorp均想借入1亿美元，期限为5年。表7-4给出了相应的贷款利率，AAACorp的信用评级为AAA；BBBCorp的信用评级为BBB。[⊜]我们假定BBBCorp想借入固

⊖ 另外一个业务天惯例为修正随后工作日(modified following)惯例，这一惯例与随后第1个工作日惯例几乎相同，其唯一不同之处在于，如果某一天所对应的下一个工作日落在一下月，那么付款日就是这一天之前的最后一个工作日。此外，前一工作日(proceeding)以及修正的前一天工作日(modified proceeding)也可采取同样的形式来定义。

⊜ 标准普尔(S&P)和惠誉(Fitch)对于公司给出的信用评级(由好到坏)分别为AAA，AA，A，BBB，BB，B及CCC。穆迪(Moody)的相应的评级分别为Aaa，Aa，A，Baa，Ba，B，及Caa。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

定利率贷款，AAACorp 想借入以 6 个月期 LIBOR 为基准的浮动利率贷款。BBBCorp 的信用等级比 AAACorp 差，因此，它所支付的固定利率和浮动利率都会比 AAACorp 更高。提供给 AAACorp 和 BBBCorp 的利率报价中有一个关键的特点，即固定利率的差价大于浮动利率的差价。BBBCorp 在固定利率市场要比 AAACorp 多付 1.2%，而在浮动利率市场只多付 0.7%。BBBCorp 在浮动利率市场具有比较优势，AAACorp 在固定利率市场具有比较优势。[⊖] 这一明显的差异也就触发了互换合约的形成。AAACorp 以年率 4% 借入固定利率，BBBCorp 以 LIBOR + 0.6% 借入浮动利率，然后它们进入利率互换交易，最终结果是 AAACorp 融资利率为浮动利率，而 BBBCorp 的融资利率为固定利率。

表 7-4 为比较优势观点提供基础的借入资金的利率

	固定利率	浮动利率
AAACorp	4.0%	6 个月期 LIBOR − 0.1%
BBBCorp	5.2%	6 个月期 LIBOR + 0.6%

为了理解互换的运作过程，假定 AAACorp 与 BBBCorp 直接取得联系，它们达成的互换合约如图 7-6 所示，这一互换与图 7-2 的互换非常相似。AAACorp 同意向 BBBCorp 支付本金为 1 亿美元的以 6 个月期 LIBOR 计量的利息。作为收益，BBBCorp 向 AAACorp 支付本金为 1 亿美元的年率为 4.35% 的利息。

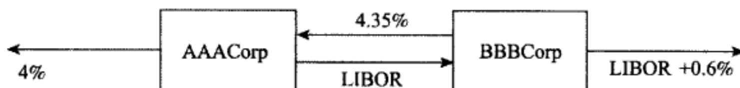


图 7-6 AAACorp 和 BBBCorp 之间的利率互换交易，利率由表 7-4 阐明

AAACorp 会有以下 3 笔现金流：

1. 支付给外部贷款人的利率为 4%；
2. 在互换合约中从 BBBCorp 收入 4.35%；
3. 在互换合约中向 BBBCorp 支付 LIBOR。

以上 3 笔现金流给 AAACorp 带来的净效果为：支出现金流的年率为 LIBOR − 0.35%，这比在浮动市场的贷款利率低了 0.25%。进入互换合约后，BBBCorp 也有 3 笔现金流：

1. 支付给外部贷款人的利率为 LIBOR + 0.6%；
2. 在互换合约中从 AAACorp 收入 LIBOR；
3. 在互换合约中向 AAACorp 支付 4.35%。

以上 3 笔现金流给 BBBCorp 带来的净效果为：支出现金流的年率为 4.95%。这比在固定市场的贷款利率低了 0.25%。

这样看来，互换合约改善了 AAACorp 和 BBBCorp 的贷款状况，两家公司第 2 年均少付了 0.25%，互换合约带来的总收益为 0.5%。可以证明，此时互换合约的总收益总是 $a - b$，其中 a 为两家公司在固定利率市场的利率差，b 为两家公司在浮动利率市场的利率差。在本例中，a = 1.2%，b = 0.70%。

如果 AAACorp 与 BBBCorp 之间并不直接交易，而是利用金融机构，图 7-7 可能是最终结果（这与图 7-4 中的实例非常相似）。此时，AAACorp 的贷款利率为 LIBOR − 0.33%，BBBCorp 的贷款利率为 4.97%，金融机构的收益为 4 个基点。AAACorp 的收益为 0.23%；BBBCorp 的收益为 0.23%；金融机构的收益为 0.04%。三方的总收益仍然等于以上讨论的总收益差，即 0.50%。

⊖ 注意 BBBCorp 在浮动利率市场具有相同优势并不意味着 BBBCorp 公司所付的浮动利率低于 AAACorp 公司，这只是意味着 BBBCorp 所付的额外数量比 AAACorp 公司的额外数量在这一市场要更低。我的一个学生将这一情形比做“AAACorp 在固定利率市场付的额外数量更少（pays more less）；BBBCorp 在浮动利率市场付的额外数量更少”。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

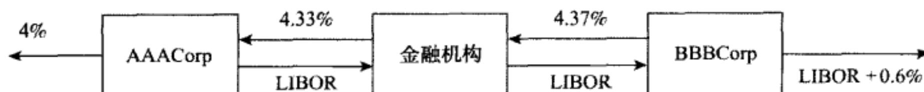


图 7-7 AAACorp 和 BBBCorp 之间的利率互换交易，利率由表 7-4 阐明，交易中有金融机构介入

对比较优势观点的批评

上面描述的关于解释利率互换吸引力的观点存在一些问题。为什么图 7-4 所示的 AAACorp 和 BBBCorp 的利率差在固定利率市场和浮动利率市场会有所不同呢？互换市场已经存在一段时间，我们可以合理地假定这种利差已经被套利者消除了。

利差存在区别的原因似乎在于这些公司在固定利率市场和浮动利率市场所能得到的合约的性质。AAACorp 和 BBBCorp 在固定利率市场得到的 4.0% 和 5.2% 的利率为 5 年期(例如，公司可以发行 5 年期债券的利率)。AAACorp 和 BBBCorp 在浮动利率市场得到的 LIBOR -0.1% 及 LIBOR +0.6% 的利率为 6 个月的利率。在浮动利率市场，资金的借出方通常有机会每 6 个月检测一次利率。当 AAACorp 和 BBBCorp 的信用等级有所下降时，资金的借出方可以选择在 LIBOR 利率上进行加息。在极端情形下，贷款人可以拒绝延续贷款，而固定利率的贷款人无权以这种方式来改变贷款的条款。[⊖]

市场提供给 AAACorp 和 BBBCorp 的贷款利率的溢差反映了 BBBCorp 比 AAACorp 更有可能违约的程度。在今后 6 个月，AAACorp 和 BBBCorp 违约机会都很小。当我们进一步考虑更长的期限时，统计结果表明，具有较低信用等级的公司(如 BBBCorp)平均违约概率比具有较高信用等级的公司(如 AAACorp)平均违约概率增长得更快，这也是 5 年期的利率差价比 6 个月期的利率差价更大的原因。

BBBCorp 取得 LIBOR +0.6% 的浮动利率贷款并进入图 7-7 所示的互换之后，BBBCorp 似乎取得了 4.97% 的固定利率贷款。但事实并非如此。在实践中，只有在 BBBCorp 能够连续地以 LIBOR +0.6% 借入浮动利率资金的前提下，固定利率才为 4.97%。例如，如果 BBBCorp 的信用等级下降造成了浮动贷款利率变成了 LIBOR +1.6%，这时 BBBCorp 所支付的利率变为 5.97%。市场预计 BBBCorp 在 LIBOR 浮动利率之上的溢差平均来说会有所增加，因此 BBBCorp 预计在进入互换交易后借入资金的利率平均也会大于 4.97%。

图 7-7 所示的互换使得 AAACorp 公司锁定 LIBOR -0.33% 的利率的期限为 5 年，而不仅仅是 6 个月。对于 AAACorp 公司来说，这似乎是一笔好交易。不利之处在于，AAACorp 必须承担金融机构违约的风险。如果公司采用通常的形式借入资金，那么就无须承担这一风险。

7.5 互换利率的实质

现在是一个好的时机来说明互换利率的实质及互换与 LIBOR 市场的关系。4.1 节曾经指出，LIBOR 是具有 AA 信用级别的银行从其他银行借入 1～12 个月期的资金的利率。表 7-3 显示，互换利率等于以下两个利率的平均值：做市商在互换合约中收入 LIBOR，并准备支付的固定利率(买入利率)；做市商在互换合约中支付 LIBOR，并准备收入的固定利率(卖出利率)。

与 LIBOR 类似，互换利率并不是无风险利率，但是它同无风险利率非常接近。金融机构可以进行以下交易来使得一定本金投资收益率等于 5 年期的互换利率：

1. 借给一家信用级别为 AA 的公司一笔资金，期限为 6 个月，并且在以后每 6 个月将相同数

⊖ 如果浮动利率的贷款中事先保证在 LIBOR 上的溢差与信用等级变化无关，那么比较优势会很小以至于不存在。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

额的资金借给其他信用级别也为 AA 的公司

2. 进入一个5年期的互换交易，收入现金流为 LIBOR，支出现金流为5年期的互换利率。

这些交易说明，5年期的互换利率等于借给 AA 级公司的10个6个月期的 LIBOR 短期资金的收益率。类似地，7年期的互换利率等于借给 AA 级公司的14个6个月期的 LIBOR 短期资金的收益率。对于其他期限的互换利率，我们也可以给出类似的解释。

注意，5年期的互换利率小于 AA 级公司借入5年期资金的利率。在5年内，每6个月以连续的形式将资金借给若干家信用级别总是为 AA 级公司，比在5年开始时将资金借给一家信用级别为 AA 的公司并锁定5年期限更吸引人。

7.6 确定 LIBOR/互换零息利率

4.1节曾说明衍生产品交易员在对衍生产品定价时喜欢采用 LIBOR 作为无风险利率。LIBOR 的一个问题是我们所能观察到的期限小于12个月。交易员采用互换利率作为对长期限的无风险利率的近似。在本节，我们将描述如何确定 LIBOR/互换零息利率曲线。

首先应注意的是，对于一个新发行的券息为 LIBOR 的浮动息债券，如果采用 LIBOR/互换零息曲线来对其定价，我们得出的价格为本金价格(也被称为平价)，其原因是债券的利率为 LIBOR，同时贴现利率也为 LIBOR，债券的券息与贴现利率吻合。因此，债券价格为平价。

在式(7-1)中，我们指出，对于一个刚刚成交的互换交易，当固定利率等于互换利率时，有 $B_{\text{fix}} = B_{\text{fl}}$。前面刚刚指出 B_{fl} 等于本金，B_{fix} 也等于本金。因此，互换利率可以被定义为平价债券的收益率。例如，从表7-3所示的互换利率出发，可以得出2年期 LIBOR/互换平价收益率为6.045%，3年期的 LIBOR/互换平价收益率为6.255%，等等。[⊖]

通常，计算 LIBOR/互换零息利率曲线的方法是在第4.5节引入的决定国债零息曲线的息票剥离法。例7-2是关于息票剥离法的应用。

【例7-2】 由互换来确定零息利率

假定6个月、12个月、18个月的零息利率分别为4%、4.5%和4.8%。这里的利率为连续复利，2年期互换(支付频率为每半年一次)的利率为5%。5%的互换利率意味着本金为100美元，券息年率5%(券息每年支付两次)的价格为平价。如果 R 为2年期的零息利率，那么

$$2.5e^{-0.04\times0.5} + 2.5e^{-0.045\times1.0} + 2.5e^{-0.048\times1.5} + 102.5e^{-2R} = 100$$

以上方程的解 $R = 4.953\%$(注意这里的过程被简化了，我们并没有将天数计量惯例及假期日历考虑在内。)

采用欧洲美元期货

6.3节曾讨论了欧洲美元期货，期限为3月份、6月份、9月份和12月份的欧洲美元期货有时可用来计算 LIBOR/互换零息利率曲线。在经过由6.3节所描述的曲率调节以后，欧洲美元期货定义了未来3个月期限的远期 LIBOR。假定第3个欧洲美元期货的到期日为 T_i ($i = 1, 2, \cdots$)。

⊖ 分析师常常对互换利率进行扦值，然后再进行零息利率曲线的计算，这么做是为了保证对于每6个月的期限都有一个互换利率。例如，对于表7-3所示的数据，2.5年的互换利率被假定为6.135%(即由扦值所得)，7.5年的互换利率被假定为6.696%，等等。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

通常假定第 i 个远期期货得出的远期利率适用于区间 T_i 与 T_{i+1}（在实践中，这一假设与真实情况差距很小），这使得我们可以采用息票剥离法来计算零息利率。假定 F_i 是由第 i 个期货所得出的远期利率，R_i 为期限为 T_i 的零息利率。由式(4-5)，可以得出：

$$F_i = \frac{R_{i+1}T_{i+1} - R_iT_i}{T_{i+1} - T_i}$$

因此，

$$R_{i+1} = \frac{F_i(T_{i+1} - T_i) + R_iT_i}{T_{i+1}} \tag{7-2}$$

例 7-3 是这些公式的应用。

在美国，即期 LIBOR 常常被用于计算期限小于 1 年的 LIBOR 零息曲线，欧洲美元期货常常被用于计算期限介于 1 至 2 年的零息利率，有的时候长达 5 年，互换利率常常被用于计算期限更长的零息利率。例如，瑞士法郎的零息利率由现货瑞士法郎 LIBOR 利率、3 个月期欧洲瑞士法郎期货及瑞士法郎互换利率来决定。

【例 7-3】 由欧洲美元期货计算零息利率

400 天期限的 LIBOR 零息利率为 4.80%（连续复利），由欧洲美元期货报价得出的在 400 天开始的 91 天远期利率为 5.30%（连续复利）。我们可以利用式(7-2)得出第 491 天的零息利率为

$$\frac{0.053 \times 91 + 0.048 \times 400}{491} = 0.048\,93$$

即 4.893%。

7.7 利率互换的定价

我们现在考虑利率互换的定价。在合约开始时，利率互换的价格为 0 或接近于 0。随时间的变化，利率互换的价值可能为正，也可能为负。利率互换有两种定价方式：第 1 种方式将利率互换视为两种债券的差；第 2 种方式将利率互换视为由 FRA 所组成的交易组合。

7.7.1 由债券价格计算互换的价格

在利率互换中，本金不进行交换。但是如表 7-2 所示，可以假设本金在互换中进行交换，这一假设并不影响互换的价值。这么做以后，我们将收入固定利率并支付浮动利率的互换作为固定利率债券的长头寸与浮动利率债券的短头寸的组合，因此

$$V_{swap} = B_{fix} - B_{fl}$$

其中，V_{swap} 为互换的价值，B_{fl} 为互换中浮动利率债券的价值，B_{fix} 为互换中固定利率债券的价值。类似地，一个收入浮动利率并付出固定利率的互换可作为浮动利率债券的长头寸与固定利率债券的短头寸的组合，因此

$$V_{swap} = B_{fl} - B_{fix}$$

固定利率债券的价值可以由第 4.4 节所描述的方式求得。为了计算浮动利率债券的价格，我们注意到，债券在券息支付后等于其面值 L。因为此时债券为“公平交易”价格，其中借款人对于每个计息区间所支付的利率为 LIBOR。

假定下一个互换现金流的时间为 t^*，在 t^* 支付的浮动息（在前一个付款期已确定）为 k^*，在支付之后的瞬间，$B_{fl} = L$，其中 L 为本金，我们在前面已经解释了原因。在支付利息之前的瞬间，$B_{fl} = L + k^*$。因此，浮动利率债券可以被看做在时间 t^* 提供单一现金流的产品，对这一现金

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

流进行贴现，得出浮动息债券今天的价格为

$$(L+k^*)e^{-r^*t^*}$$

其中，r^* 为 LIBOR/互换零息曲线上对应于 t^* 的利率。图 7-8 和例 7-4 是对这一方法的说明。

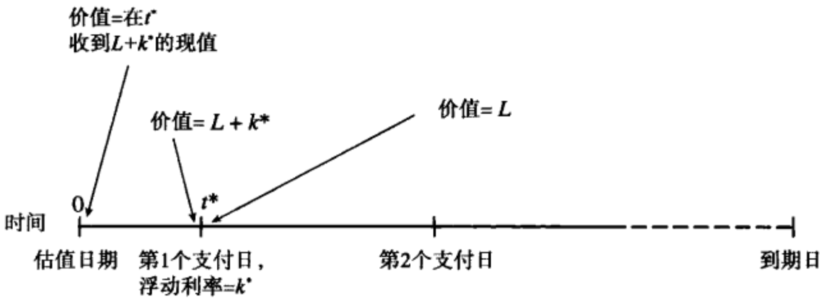


图 7-8 浮动债券的定价

注：债券本金为 L，下一个支付时间为 t^*，支付额度为 k^*。

【例 7-4】 以债券的形式对利率互换定价

假定某金融机构同意在互换合约中支付 6 个月期的 LIBOR 并同时收入年率 8%（每半年复利一次）的固定利率，互换本金为 1 亿美元。互换合约还有 1.25 年的剩余期限。对应于期限为 3 个月、9 个月和 15 个月的 LIBOR（连续复利）分别为 10%、10.5% 和 11%。前一个付款日所对应的 LIBOR 为 10.2%（每半年复利一次），下表是以债券形式对期权定价的总结：

时间	B_{fix} 现金流	B_{fl} 现金流	贴现因子	B_{fix} 现金流贴现值	B_{fl} 现金流贴现值
0.25	4.0	105.100	0.975 3	3.901	102.505
0.75	4.0		0.924 3	3.697	
1.25	104.0		0.871 5	90.640	
总计				98.238	102.505

固定息的债券现金流在 3 个付款日上分别为 4、4 和 104，对应于这 3 个付款日的贴现因子分别为 $e^{-0.1\times0.25}$、$e^{-0.105\times0.75}$ 及 $e^{-0.11\times1.25}$。其数值结果列于表中第 4 列，该表显示的固定利率债券价格（以百万美元计）为 98.238。

在本例中，$L=1$ 亿美元，$k^*=0.5\times0.102\times100=510$ 万美元，$t^*=0.25$。因此，浮动利率债券等价于在 3 个月期时的现金流，其数量为 105.1（以百万美元计）。表中显示的浮动债券价格为 $105.1\times0.9753=102.505$（以百万美元计）。

债券价格为以上两个债券价格之差。

$$V_{swap}=98.238-102.505=-4.267$$

即 −426.7 万美元。

如果金融机构处于相反的位置，即支付固定利率同时收入浮动利率，则互换的价格为 426.7 万美元。注意，在计算中，我们没有考虑天数计量惯例以及假期日历。

7.7.2 采用 FRA 对互换定价

互换合约等价于远期利率合约的组合。考虑图 7-1 所示微软与英特尔之间的互换合约，该合约在 2010 年 3 月 5 日签署，付款周期为每半年一次。在合约成交时，我们已经知道第 1 次支付金额为多少。其他 5 次支付金额可以被看成为是由 FRA 合约产生的。在 2011 年 3 月 5 日的现金流

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

互换可以被看成是固定利率5%与在2010年9月5日所观测到的浮动利率互换而形成的FRA；在2011年9月5日的现金流互换可以被看成是固定利率5%与在2011年3月5日所观测到的浮动利率互换而形成的FRA；等等。

如第4.7节所述，FRA的定价可以假定远期利率在将来会得以实现。因为简单互换合约是远期利率合约FRA的组合，在这一合约定价中，我们可以假定远期利率在将来会实现，其定价过程如下：

1. 利用LIBOR/互换零息曲线计算每一个LIBOR，并由此决定互换的现金流；
2. 假定LIBOR等于远期利率；
3. 对现金流进行贴现(以LIBOR/互换曲线为贴现利率计算出互换的价值)。

例7-5说明了计算过程。

【例7-5】 采用FRA对利率互换定价

再一次考虑例7-4中的情形。在互换中，某金融机构同意支付6个月期的LIBOR并同时收入年率8%(每半年复利一次)的固定利率。互换的本金为1亿美元，互换还有1.25年的剩余期限。对应于期限为3个月、9个月及15个月的LIBOR(连续复利)分别为10%、10.5%及11%。前一个付款日所对应的LIBOR为10.2%(每半年复利一次)。下表是对于计算过程的总结(现金流以百万美元计)。

表中数字的第1行显示了在第3个月会有现金流的交换，现金流的数量已被确定。固定利率8%所对应的现金流为100×0.08×0.5=400万美元。浮动利率10.2%(在3个月以前设定)所对应的现金流为100×0.102×0.2=510万美元。表中第2行显示在9个月时会有现金流交换，其中假设远期利率会得以实现。同上，收入现金流为400万美元。为了计算支出现金流，我们首先计算介于3个月与9个月之间的远期利率。由式(4-5)可以得出远期利率为

时间	固定现金流	浮动现金流	净现金流	贴现因子	净现金流贴现值
0.25	4.0	-5.100	-1.100	0.975 3	-1.073
0.75	4.0	-5.522	-1.522	0.924 3	-1.407
1.25	4.0	-6.051	-2.051	0.871 5	-1.787
总计					-4.267

$$\frac{0.105\times0.75-0.10\times0.25}{0.5}=0.1075$$

即10.75%(连续复利)。由式(4-4)得出，对应于每半年复利一次的远期利率为11.044%。因此，支出现金流为552.2万美元。类似地，第3行显示假定远期利率会实现，在15个月时的现金流。对应于这3个付款日期的贴现因子分别为$e^{-0.1\times0.25}$、$e^{-0.105\times0.75}$和$e^{-0.11\times1.25}$。

在3个月支付的贴现值-107.3万美元，第9个月和第15个月所对应的FRA的价值分别为-140.7万美元和-178.7万美元。互换的总价值为-426.7万美元。这与例7-4中将互换分解为债券长头寸和短头寸所得出的价值一致。

在互换合约刚刚开始时，固定利率的设定往往是保证互换的价值为0。这意味着在初始时，互换中所有FRA的价值总和为0，这并不意味着每个FRA的价值为0。通常来说，有些FRA会有正值，而有些FRA会有负值。

考虑表7-1所示的微软与英特尔之间的互换中的FRA：

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

- 当远期利率 >5.0% 时，对于微软而言，FRA >0；
- 当远期利率 =5.0% 时，对于微软而言，FRA =0；
- 当远期利率 <5.0% 时，对于微软而言，FRA <0。

假定利率期限结构在互换刚刚成交时为上坡型，这意味着当FRA到期期限增长时，远期利率有所增大。因为所有FRA价值的总和为0，在初始付款日所对应的远期利率一定小于5%；在互换末尾的付款日所对应的远期利率一定大于5%。因此，对于微软而言，初始付款日的FRA的值为负，末尾付款的FRA的值为正。如果在互换刚刚成交时，利率曲线为下坡型，以上结论则刚好相反。利率曲线结构的形状对于互换中FRA的影响见图7-9。

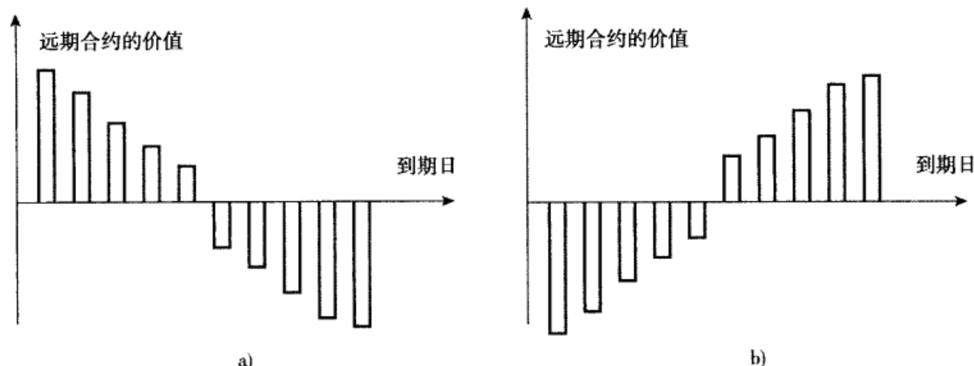


图7-9 互换合约中的FRA价格与期限的函数关系

注：在(a)图中，利率期限结构为上坡型，在合约中收入固定息；或者利率期限结构为下坡型，在合约中收入浮动息；在(b)图中，利率期限结构为上坡型，在合约中收入浮动息；或者利率期限结构为下坡型，在合约中我们收入固定息。

7.8 货币互换

另外一种较为流行的互换为货币互换，最简单的货币互换包括在某种货币下的利息及本金与另外一种货币下的利息及本金进行互换。

货币互换合约要求阐明在两个不同货币下的本金。互换中通常包括本金在起始及最终时刻的互换。通常，货币本金互换数量的确定大致是根据最初的汇率报价。

7.8.1 说明

考虑一个虚拟的5年期的IBM与英国石油公司之间的货币互换合约，互换的起始日期为2010年2月1日。假定IBM支付英镑的利率为5%，同时IBM从英国石油公司收入美元的利率为6%。现金流互换周期为一年一次，本金数量分别为1 800万美元和1 000万英镑。这一互换为固定息与固定息(fixed-for-fixed)的货币互换，互换之所以被如此命名是因为每种货币下所对应的利息均为固定息。这一互换见图7-10。起初，本金互换与图中的箭头方向相反，之后的利率互换以及最后的本金互换都与图中的箭头方向一致。因此，在互换初始，IBM首先支付1 800万美元并同时收入1 000万英镑。在每一年，IBM收入108万美元(即1 800万的6%)并支付50万英镑(即1 000万英镑的5%)。在互换结束时，IBM支付1 000万英镑同时收入1 800万美元。现金流见表7-5。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

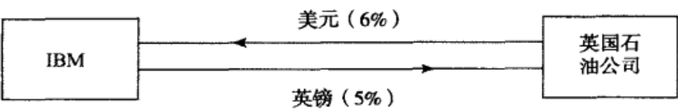


图 7-10 货币互换

表 7-5 对于 IBM 而言，某货币互换的现金流

日期	美元现金流(百万)	英镑现金流(百万)
2010 年 2 月 1 日	-18.00	+10.0
2011 年 2 月 1 日	+1.08	-0.5
2012 年 2 月 1 日	+1.08	-0.5
2013 年 2 月 1 日	+1.08	-0.5
2014 年 2 月 1 日	+1.08	-0.5
2015 年 2 月 1 日	+19.08	-10.5

7.8.2 利用货币互换改变负债与资产的性态

这里所描述的互换可以将一种货币下的负债转化为另外一种货币下的负债。假定 IBM 能够以 6% 发行 1 800 万美元债券。货币互换可以将债券转化为英镑债券，债券本金为 1 000 万英镑，利率为 5%，最初的本金互换将最初债券的美元收费转化为英镑，之后货币互换的支付将美元利息及本金转化为英镑。

互换也可以用来转化资产的性态。假定 IBM 可以将 1 000 万英镑在英国投资 5 年，其收益率为年率 5%，IBM 认为美元价格同英镑价格相比会有所上涨，因此将其投资转化为美元投资。货币互换可以将英镑投资转化为收益率为 6%、本金为 1 800 万美元的投资。

7.8.3 比较优势

货币互换可能是由比较优势造成的。为了说明这一点，考虑另外一个虚拟的例子。假定通用电气及快达航空公司分别借入美元及澳元(AUD)，固定利率如表 7-6 所示。表中的数据显示澳元利率比美元利率高，并且通用电气在两种货币所对应的信用等级都比快达航空好，所以在两种货币下通用电气所能得到的利率都好于快达航空。从互换交易员的角度看，表 7-6 有趣的一点是：通用电气在两种不同货币下所付利率的差价与快达航空所付利率的差价不等。快达航空在美元所付的利率比通用电气高 2%，而在澳元市场只高 0.4%。

表 7-6 为货币互换提供基础的利率表

	美元*	澳元*
通用电气	5.0%	7.6%
快达航空	7.0%	8.0%

注：表中报价体现了不同税率的影响。

这一现象同表 7-4 类似。通用电气在美元中有比较优势，快达航空在澳元中有比较优势。表 7-4 考虑了某一标准利率互换，我们曾指出比较优势理论并不十分可靠。在这里，我们是在比较不同货币下的利率，因此比较优势理论有一定的可信度。造成比较优势的原因之一是纳税环境的不同。通用电气所处的位置使得它借入美元资金而在全球范围内经营的税率低于借入澳元所面临的税率。快达航空所处的位置可能刚好相反(注意，我们假定表 7-6 所提供的利率已经反映了这种税率上的优势)。

假定通用电气想借入 2 000 万澳元，快达航空想借入 1 500 万美元，并且当前的汇率为 0.75 (每澳元所对应的美元数量)，这是产生货币互换的完美情形。通用电气和快达航空在自身有比较优势的市场借入资金，即通用电气借入美元；快达航空借入澳元。货币互换可以将通用电气的美

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

元贷款转化为澳元贷款，并同时将快达航空的澳元贷款转化成美元贷款。

我们已经指出，两家公司以美元借入资金的差价为2%，以澳元借入资金的差价为0.4%。同利率互换的例子类似，我们期望对于所有交易的整体收益为2% -0.4% =1.6%(年率)。

互换有很多构成形式。图7-11显示了金融机构介入时的情形。此时，通用电气借入美元，快达航空借入澳元。对通用电气而言，互换的效应是将美元5%的年利率转换为澳元6.9%的年利率，这比通用电气直接在澳元市场贷款优惠0.7%。同样的道理，快达航空将澳元8%的年利率转换为美元6.3%的年利率，这比快达航空直接在美元市场贷款优惠0.7%。金融机构在美元中收入1.3%，而在澳元亏损1.1%。如果忽略货币的差别，金融机构净收益为0.2%。正如预测的那样，所有参与方的收益总和为年率1.6%。

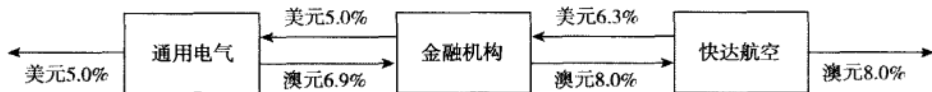


图7-11 由比较优势促成的货币互换

金融机构的美元收益为195 000美元(即1 500万的1.3%)，同时澳元亏损为220 000美元(即2 000万的1.1%)。金融机构可以在远期市场互换期限内每年买入220 000美元以避免外汇风险，这样做可以使金融机构锁定美元盈利。

另外一种互换设计可以使得金融机构锁定美元盈利的差价等于0.2%。图7-12和图7-13是互换的两种变形，这两种变形在实际中应用的可能性不大，因为这两种做法不能使通用电气及快达航空免于外汇风险(通常来讲，金融机构承担外汇风险比较合理，因为金融机构所处的位置比较利于对冲)。在图7-12中，快达航空承担外汇风险，因为它要支付澳元1.1%的年利率，同时要支付美元5.2%的年利率。在图7-13中，通用电气承担外汇风险，因为它要收入美元1.1%的年利率，同时付出澳元8%的年利率。

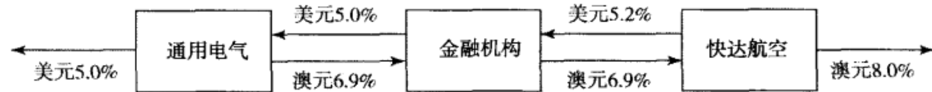


图7-12 货币互换的一种形式：快达航空承担外汇风险

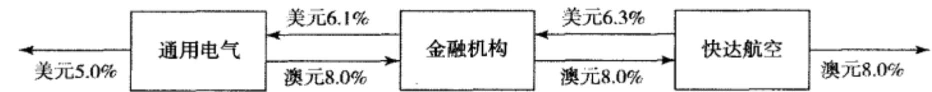


图7-13 货币互换的一种形式：通用电气承担外汇风险

7.9 货币互换的定价

类似于利率互换，固定息与固定息货币互换可以被分解为两个债券的差或一组远期合约的组合。

7.9.1 以债券形式进行定价

如果我们定义 V_{swap} 为收入美元并支付外币的货币互换的美元价值，那么

$$V_{swap} = B_D - S_0 B_F$$

其中，B_F 为互换中外汇现金流所对应的债券，并以外币计量的价值；B_D 为互换中本国货币的现金流所对应的债券，并以美元计量的价值；S_0 为即期汇率(表达形式为一单位外币所对应的美金数量)。互换的价值可以由两种不同货币下的LIBOR、国内货币的利率期限结构及即期汇率来确定。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

类似地，收入外币并同时支付美元的互换的价值为：

$$V_{swap} = S_0 B_F - B_D$$

例 7-6 是以上公式的应用。

【例 7-6】 以债券的形式对互换定价

假定日元及美元的 LIBOR/互换曲线均为水平。日元利率为年率 4%，美元利率为年率 9%，以上利率均为连续复利。某金融机构进入货币互换，在互换中收入日元利率为 5%，支付美元利率为 8%，互换的支付每年进行一次。两种货币的本金分别为 1 000 万美元和 12 亿日元。互换期限为 3 年，当前汇率为 1 美元兑 110 日元。计算结果见下表：

时间	美元债券现金流	美元现金流贴现值	日元债券现金流	日元现金流贴现值
1	0.8	0.731 1	60	57.65
2	0.8	0.668 2	60	55.39
3	0.8	0.610 7	60	53.22
3	10.0	7.633 8	1 200	1 064.30
总计		9.643 9		1 230.55

互换中所对应的美元债券的现金流在第 2 列显示，以 9% 的利率进行贴现所得结果在第 3 列显示；互换中所对应的日元债券的现金流在第 4 列显示，以 4% 日元利率进行贴现所得结果在最后一列显示。

美元债券价格 B_D 为 964.39 万美元，日元债券价格为 12.3055 亿日元。因此，互换价格为：

$$\frac{1\,230.55}{110} - 9.643\,9 = 1.543\text{（百万美元）}$$

7.9.2 以远期合约组合的形式定价

互换合约中的每一个固定息与固定息进行交换都可以被看做是一个外汇远期合约。如 5.7 节所述，外汇远期合约可以在假定远期汇率将实现的情况下进行定价。远期外汇汇率可由式(5-9)计算。例 7-7 说明了这一计算过程。

【例 7-7】 以远期合约的形式对货币互换定价

考虑例 7-6 中的情形，假定日元和美元的 LIBOR/互换曲线均为水平。日元利率为年率 4%，美元利率为年率 9%，以上利率均为连续复利。某金融机构进入货币互换，在互换中收入日元的利率为 5%，支付美元利率为 8%，支付互换每年进行一次。两种货币的本金分别为 1 000 万美元及 12 亿日元。互换期限为 3 年，当前汇率为 1 美元兑 110 日元。下表总结了计算结果：

金融机构每年支付 0.08 × 10 = 0.8（百万

时间	美元现金流	日元现金流	远期汇率	日元现金流的美元价值	净现金流的美元价值	贴现值
1	−0.8	60	0.009 557	0.573 4	−0.226 6	−0.207 1
2	−0.8	60	0.010 047	0.602 8	−0.197 2	−0.164 7
3	−0.8	60	0.010 562	0.633 7	−0.166 3	−0.126 9
3	−10.0	1 200	0.010 562	12.674 6	2.674 6	2.041 7
总计						1.543 0

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

美元)，同时收入 $1\,200\times0.05=60$(百万日元)。另外，3年后金融机构将支付1 000万美元同时收入12亿日元。即期汇率为每日元兑0.009 091美元，这时 $r=4\%$，$r_f=9\%$。由式(5-9)得出一年时的远期汇率为每日元等于

$$0.009\,091e^{(0.09-0.04)\times1}=0.009\,557\text{ 美元}$$

表中所示的第2年和第3年期汇率也可以采用类似的方法进行计算。远期合约的定价可以假定远期汇率将实现。如果一年期汇率实现，在1年期日元现金流的美元价值为 $60\times0.009\,557=0.573\,4$(百万美元)，因此在1年期净现金流为 $0.5734-0.8=-0.226\,6$(百万美元)，其贴现值为 $-0.226\,6e^{-0.09\times1}=-0.207\,1$(百万美元)，这一价值为1年期现金流互换所对应的远期合约的价值。其他期限的远期合约也可以采用类似的方法计算。如上表所示，互换的价值为154.3万美元。这与例7-6中将互换分解为一个债券长头寸和一个债券短头寸所计算的结果一致。

货币互换在刚成交时，价值为0。采用成交时的汇率转换，如果两个本金相等，那么在本金刚交换时，互换的价值也为0。但是，类似于利率互换，这并不意味着互换中每一份远期合约的价值都为0。可以证明，如果货币互换中两个利率非常不同，那么高利率的支付者所处的情形为：对应于早期支付互换现金流的外汇远期的价值为负，而对应于最后互换本金时的外汇远期的价值为正。低利率的支付者所处的情形刚好相反：对应于早期互换的现金流的远期合约价值为正，而对应于最后互换本金时的外汇远期的价值为负。这些结果对于评估互换的信用风险十分重要。

7.10 信用风险

互换合约是两家公司私下达成的合约，这类合约有信用风险。考虑一家金融机构，它与两家公司达成了相互抵消的互换合约(见图7-4、图7-5和图7-7)。如果两家公司均不违约，金融机构完全处于对冲状态，其中一个互换合约价值下降会被另一个合约价值的上升所抵消。然而，如果互换交易的某一方陷入财务困境并违约，金融机构仍需兑现对另一方在合约中的承诺。

假设图7-4中的合约在签署了一段时间后，金融机构与微软的互换合约的价值为正，但与英特尔的互换合约的价值为负。如果微软违约，金融机构可能失去该合约中所有的正价值。为了保持其对冲状态，金融机构必须寻找接替微软公司的第三方。为了吸引第三方，金融机构支付给第三方的数量几乎等于在微软违约前其与微软之间违约的价值。

当互换对金融机构具有正价值时，金融机构会有信用风险的暴露。对金融机构而言，如果互换价值为负，此时对方陷入财务困境，会发生什么情况呢？从理论上讲，金融机构能实现这一意外的收益，因为对方的违约有可能使金融机构免除这项债务。在实践中，对方很有可能选择将合约卖给第三方，并重新安排自身的业务以使得具有正价值的合约不会丧失。因此，对金融机构最合理的假定如下：在对方违约时，如果互换对金融机构具有正价值，金融机构会蒙受损失；但是如果互换对金融机构具有负价值，交易对方违约不会对金融机构产生任何影响。这一情形见图7-14。

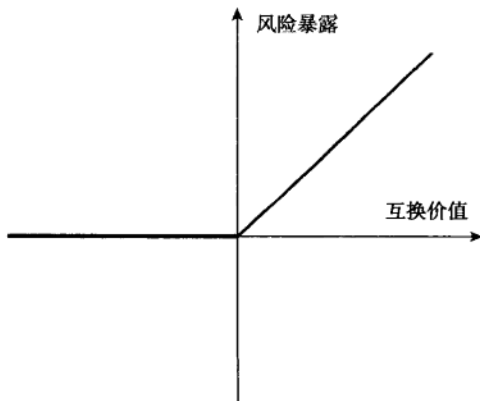


图7-14 互换中的信用风险

在互换中，有的情况是早期有正的现金流，而后期有负的现金流(见图7-9货币互换中支付利息低

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

于收入利息的情景)，这种互换大部分时间的价值为负，所以有较少的对方风险。

由互换带来的潜在损失远远小于由具有相同本金的贷款带来的潜在损失，因为互换的价值常常只是相应贷款价值的一小部分。由货币互换对方违约所带来的潜在损失，要远远大于利率互换对方违约所带来的潜在损失。因为在货币互换中包括两种不同货币的本金的互换，货币互换在对方违约时会比利率互换更可能具有更大的正价值。

在任意一项合约中，金融机构应区分其面临的市场风险及信用风险，做到这一点非常重要。如上所述，在合约具有正价值时，对方违约会触发信用风险。市场风险起源于利率、汇率等市场变量使得金融机构的互换合约价值转为负值的可能性。市场风险可以通过进入相互抵消的合约进行对冲，但信用风险不能简单地得以对冲。

业界实例 7-2 是互换市场中一个很奇怪的故事。这个故事说明，银行在进行互换交易时，除了承担信用风险及市场风险，有时也会面临法律风险。

| 业界实例 7-2 |　哈墨史密斯－富勒姆的故事

在 1987～1989 年间，位于英国伦敦的哈墨史密斯－富勒姆(Hammersmith and Fulham)进入了总面值大约 60 亿英镑的大约 600 笔利率互换以及相关交易，这些交易的目的不是为了对冲风险而是为了投机，对这些交易负有直接责任的哈墨史密斯－富勒姆的两位雇员对这些产品的交易风险及运作方式知之甚少。

截至 1989 年，因为英镑利率的变化，哈墨史密斯－富勒姆因为这些利率互换交易损失了数亿英镑，对于与哈墨史密斯－富勒姆进行交易的银行而言，这些交易价值连城，此时银行对信用风险产生了担忧，原因在于这些银行为了对冲利率风险，进行了反向的利率互换交易，如果哈墨史密斯－富勒姆违约的话，银行必须支付反向互换交易(即对冲交易)的一大笔损失。

但真正发生的事情并不是违约，哈墨史密斯－富勒姆的审计部门认为利率互换交易必须马上停止，审计部门认为哈墨史密斯－富勒姆没有权利交易这些产品，英国法庭也同意了这一决定，这一纠纷后来被一直上诉到英国的上议院。上议院最后的裁决是哈墨史密斯－富勒姆没有权利交易这些互换产品，同时又裁定在将来，如果是因为风险管理的需要，哈墨史密斯－富勒姆有权利进行利率互换交易。无论如何，同哈墨史密斯－富勒姆进行交易的银行对于这些合约被法庭终止感到无比的愤怒。

7.11 其他类型的互换

在本章我们已经讨论了 LIBOR 与固定利率互换的利率互换交易以及某一货币的固定利率与另一货币的固定利率进行互换的货币互换合约。市场还有其他形式的互换，我们将在第 20 章对这些互换进行讨论，这里只提供一个概述。

7.11.1 标准利率互换的变形

在固定利率与浮动利率进行交换的互换合约中，LIBOR 是最为普遍的浮动利率计量标准。在本章的实例中，LIBOR 的期限(tenor，即付款频率)为 6 个月，具有 1 个月、3 个月及 12 个月期限的 LIBOR 互换在市场上也常常出现。浮动利率的期限不一定与固定利率的期限一致(事实上，在美国，标准利率互换中的 LIBOR 期限为 3 个月，而固定利率付款频率为每半年一次)。LIBOR 是

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

最常见的浮动利率，但是其他形式的浮动利率，例如商业票据利率，也常被采用。有时，浮动利率与浮动利率的利率互换也会成交。例如，3个月期商业票据利率加上10个基点可能会同3个月期限的LIBOR利率进行互换，两个浮动利率对应的本金相同(某公司的资产和负债的参考利率为不同的浮动利率，如果该公司想对冲其风险暴露，可以采用这种利率互换)。

在互换合约中，本金可在互换期限内进行变化以满足交易对手的需求。在一个本金分期减少的互换(amortizing swap)中，本金能够以事先确定的方式递减(这一设计可能与本金分期减少的贷款相对应)。在一个本金逐步增加的互换(step-up swap)中，本金以某种确定的方式递增(这一设计可能是对应于某贷款中的本金的增大)。在**延期互换**(deferred swap)或**远期互换**(forward swap)中，双方交换利息直到将来的某一时刻才开始。有时，互换合约的浮动利率所对应的本金与固定利率所对应的本金会有所不同。

固定期限互换(constant maturity swap，CMS)是LIBOR与某互换利率之间的互换合约。例如，在今后5年内的每6个月，将6个月期限的LIBOR与10年期的互换利率进行互换，双方所对应的本金相同。类似地，**固定期限的国债互换**(constant maturity treasury swap，CMT swap)是LIBOR与某个特定国债利率(例如10年期的国债利率)的互换。

在一个**合成互换**(compounding swap)中，双方的利率都会以某既定的形式被复合到互换的末尾，这种互换的付款日只有一个，即互换到期日。在**LIBOR后置互换**(LIBOR-in-arrears swap)中，LIBOR的观察日期与付款日期重合(在一个标准的互换中，在某个时间所观察的LIBOR是用于决定在下一个付款日的支付数量)。在一个**计息互换**(accrual swap)中，某一方的利息只有当浮动利率在一定范围内时才进行计量。

7.11.2 其他货币互换

在本章，我们考虑了固定息与固定息的货币互换，另外一种货币互换为固定息与浮动息的互换。在这一互换中，一种货币下的浮动利率(通常为LIBOR)与另一种货币下的固定利率进行交换，这是一个固定-浮动利率互换与固定-固定货币互换的组合，这一交易被称为**交叉货币利率互换**(cross-currency interest rate swap)。另外一种货币互换为**浮动息与浮动息**(float-for-float)的货币互换，其中一种货币的浮动利率与另一种货币的浮动利率进行互换。

有时，在某一种货币所观察到的利率被应用于另一种货币的本金之上。比如，在美国观察到的3个月LIBOR与在英国观察到的LIBOR进行互换，这里的浮动利率所对应的本金均为1 000万英镑。这类互换被称为**差异互换**(diff swap)。

7.11.3 股权互换

股权互换(equity swap)是将某个股指的整体收益(股息与资本收益的总和)与某固定和浮动利率进行互换。例如，互换可能是在今后每6个月由S&P 500的整体收益与LIBOR的互换，互换双方的本金相同。股权互换可以被证券组合经理用来将固定和浮动资产收益转化为股指收益，反之亦然。

7.11.4 期权

有时，在互换中嵌有期权。例如，在**可延期互换**(extendable swap)中，互换的一方有权延长互换的期限。在**可赎回互换**(puttable swap)中，一方可以提前结束互换。**互换期权**(option on swap，或swaption)在市场上也进行交易，此时期权持有人可以在将来进入一个互换，其中与浮动利率进行互换的固定利率要事先约定。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

7.11.5 商品互换、波动率互换

商品互换(commodity swap)实际上等价于具有不同期限但具有同一行使价格的商品远期合约。在**波动率互换**(volatility swap)中，首先要阐明一定的时间段序列，在每一个时间段，互换的一方支付固定波动率，而另一方支付在这一时间段实现的历史价格波动率。在计算支付量时，双方所对应的本金相同。

互换的变化形式似乎只受金融工程师的想象力及企业资金部总管与基金经理对于特殊交易结构渴望的限制。在第22章，我们将讨论著名的“5/30”互换，这一互换是宝洁与信孚银行之间的协议，其中互换中的支付取决于30天的商业票据利率、30年期债券价格和5年期国债的收益率。

小　结

市场上两种最常见的互换为利率互换和货币互换。在利率互换中，一方同意向另一方支付对应于一定本金的固定利息，作为收益，同时收入对应于同一本金和期限的浮动利率利息。在货币互换中，一方同意以一种货币和一定本金数量向另一方支付一定利率所对应的利息，作为收益，同时收入对应于另一种货币的利息。

在利率互换中，本金并不进行交换。在货币互换中，本金通常在互换的开始及结束要进行互换。对于支付外币利率的一方，在互换开始时收入外币本金，同时支付本国货币的本金，在互换结束时，要支付外币本金同时收入本国货币本金。

利率互换可以用来将浮动利率贷款转化为固定利率贷款，反之亦然。同时，它也可以将浮动收益投资转化为固定收益投资，反之亦然。货币互换可以将在一种货币下的贷款转化为另一种货币下的贷款，也可以将在一种货币下的投资转化为另一种货币下的投资。

我们有两种方法来对利率互换和货币互换进行定价。在第一种方法中，互换被分解为一个债券的长头寸和另一个债券的短头寸。在第二种方法中，互换被作为远期合约的组合。

当金融机构与当事双方签署了一对相互抵消的互换时，会面临信用风险。当与某一方的互换对于金融机构有正价值时，如果交易方违约，金融机构会遭受损失，因为这时它仍然要向另一方保持其互换协议的承诺。

推荐阅读

Baz, J., and M. Pascutti. “Alternative Swap Contracts Analysis and Pricing,” *Journal of Derivatives*, (Winter 1996): 7–21.

Brown, K.C., and D.J. Smith. *Interest Rate and Currency Swaps: A Tutorial*. Association for Investment Management and Research, 1996.

Cooper, I., and A. Mello. “The Default Risk in Interest Rate Swaps,” *Journal of Finance*, 46, 2 (1991): 597–620.

Dattatreya, R.E., and K. Hotta. *Advanced Interest Rate and Currency Swaps: State-of-the Art Products, Strategies, and Risk Management Applications*, Irwin, 1993.

Flavell, R. *Swaps and Other Instruments*. Chichester: Wiley, 2002.

Gupta, A., and M.G. Subrahmanyam. “An Empirical Examination of the Convexity Bias in the Pricing of Interest Rate Swaps,” *Journal of Financial Economics*, 55, 2 (2000): 239–79.

Litzenberger, R.H. “Swaps: Plain and Fanciful,” *Journal of Finance*, 47, 3 (1992): 831–50.

Minton, B.A. “An Empirical Examination of the Basic Valuation Models for Interest Rate Swaps,” *Journal of Financial Economics*, 44, 2 (1997): 251–77.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Sun, T., S. Sundaresan, and C. Wang. "Interest Rate Swaps: An Empirical Investigation," *Journal of Financial Economics*, 34, 1 (1993): 77–99.

Titman, S. "Interest Rate Swaps and Corporate Financing Choices," *Journal of Finance*, 47, 4 (1992): 1503–16.

测验题

7.1 公司 A 和 B 可以按以下利率借入 2 000 万美元 5 年期的贷款：

	固定利率	浮动利率
公司 A	5.0%	LIBOR +0.1%
公司 B	6.4%	LIBOR +0.6%

公司 A 想得到浮动利率贷款，公司 B 想得到固定利率贷款。请设计一个互换，某银行作为中介，银行的净收益为 0.1%，并且对两个公司而言，这一互换有同样的吸引力。

7.2 一个面值为 1 亿美元的互换的剩余期限为 10 个月。根据互换条款，6 个月 LIBOR 与固定利率 7%（每半年复利一次）进行交换。对于所有期限的现金流互换，浮动利率为 LIBOR，固定利率卖出买入价的平均值为年率 5%（连续复利）。在 2 个月前，6 个月期 LIBOR 为年率 4.6%。对于支付浮动息方，这一互换的当前价格为多少？对于支付固定息方，价格又为多少？

7.3 公司 X 希望以固定利率借入美元，公司 Y 希望以固定利率借入日元。经即期汇率转换后，双方所需要的金额大致相等。经过税率调整后，两家公司可以得到的利率报价如下：

	日元	美元
公司 X	5.0%	9.6%
公司 Y	6.5%	10.0%

设计一个互换，某银行作为中介，其收益利率为 50 个基点，并使得该互换对两家公司有相同的吸引力，在互换中要确保银行承担所有的汇率风险。

7.4 解释互换利率的含义。互换利率与平价收益率的关系是什么？

7.5 一个货币互换的剩余期限还有 15 个月，这一互换将年率为 10%、本金为 2 000 万英镑的利息转换为年率为 6%、本金为 3 000 万美元的利息。英国和美国的期限结构均为水平。如果互换今天成交，互换中的美元利率为 4%，英镑利率为 7%，所有利率均为每年复利。当前即期汇率为 1.85。对于支付英镑的一方而言，这一互换的价格是多少？对于支付美元的一方而言，这一互换的价格又是多少？

7.6 请解释在一份金融合约中，信用风险与市场风险的区别。

7.7 一位企业资金部主管告诉你，他刚刚以一个有竞争力的 5.2% 的固定利率签署了一笔 5 年期的贷款。资金部主管解释说，他取得这一利率是以 LIBOR 加上 150 个基点借入资金并同时进入一个 LIBOR 与固定利率 3.7% 的互换来完成的。他解释说，之所以这么做，是因为他的公司在浮动利率市场有比较优势。这位主管忽略了什么？

练习题

7.8 请解释当一家银行进入相互抵消的互换时将会面临信用风险。

7.9 公司 X 和 Y 对 500 万美元 10 年投资有以下收益率

	固定利率	浮动利率
公司 X	8.0%	LIBOR
公司 Y	8.8%	LIBOR

公司 X 想得到固定收益的投资，公司 Y

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

想得到浮动收益的投资。设计一个互换，其中银行为中介，其收益率为年率 0.2%，互换对于 X 和 Y 有同样的吸引力。

7.10 某金融机构与公司 X 进行了一笔利率互换交易。在互换交易中，金融机构收入年率 10% 并同时付出 6 个月期的 LIBOR，互换的本金为 1 000 万美元，互换期限为 5 年，支付的频率为 6 个月。这时对于所有的期限，利率约为 8%（每半年复利一次）。金融机构会有什么损失？假定在 2 年半时的 LIBOR 为年率 9%。

7.11 某金融机构与公司 Y 进行了一笔 10 年期的货币互换交易。在互换交易中，金融机构收入瑞士法郎的利率为年率 3%，支付美元的利率为年率 8%。利息支付每年一次，本金分别为 700 万美元及 1 000 万瑞士法郎。假定公司 Y 在第 6 年末宣布破产，这时汇率为 0.8（每法郎为 0.8 美元）。破产给金融机构带来的成本多少？假定在第 6 年，对于所有期限瑞士法郎利率为年率 3%，美元利率为年率 8%，所有的利率均为每年复利一次。

7.12 公司 A 和公司 B 可以获得以下利率（经税率调节后）：

	A	B
美元（浮动利率）	LIBOR + 0.5%	LIBOR + 1.0%
加元（固定利率）	5.0%	6.5%

假定公司 A 想借入美元浮动利率，公司 B 想借入加元固定利率。某金融机构计划安排一个货币互换并想从中盈利 50 个基点。如果这一互换对于 A 与 B 有同样的吸引力，A 和 B 最终支付的利率分别是多少？

7.13 在采用期货合约对外汇风险进行对冲后，图 7-10 中所示金融机构的平均利差会大于还是小于 20 个基点。请解释你的答案。

7.14 “信用风险很高的公司是那些不可以直接进入固定利率市场的公司，这些公司在利率互换中往往支付固定利率同时收入浮动利率。”假定这种说法正确，你认为这样会提高还是会降低金融机构互换组合中的风险？假定在利率很高时，公司违约可能性很大。

7.15 对应于同一本金，为什么利率互换在违约时的预期损失小于贷款在违约时的预期损失？

7.16 一家银行发现其资产与负债不匹配。银行在运作过程中，收入浮动利率存款并且发放固定利率贷款。如何运用互换来抵消风险？

7.17 请解释如何对某一货币的浮动利率与另一货币的固定利率的互换进行定价。

7.18 LIBOR 零息曲线为水平 5%（连续复利）。期限一直到 1.5 年。2 年及 3 年期每半年支付一次的互换利率分别为 5.4% 及 5.6%。估计期限为 2 年、2.5 年及 3 年的 LIBOR 零息利率（假定 2.5 年互换利率为 2 年与 3 年互换利率的平均值）。

作业题

7.19 (a) 公司 A 可以获得如表 7-3 所示的利率，它可以以 6.45% 的固定利率借款 3 年，通过互换它可以得到什么样的浮动利率？
(b) 公司 B 可以获得如表 7-3 所示的利率，它可以以 LIBOR 加 7.5 个基点借款 5 年，通过互换它可以得到什么样的固定利率？

7.20 (a) 公司 X 可以获得如表 7-3 所示的利率，它可以以 5.5% 的固定利率投资 4 年，通过互换它可以得到什么样的浮动利率回报？
(b) 公司 Y 可以获得如表 7-3 所示的利率，它可以以 LIBOR 加 50 个基点的浮动利率投资 10 年，通过互换它可以得到什么样的固定利率回报？

7.21 一个 1 年期 LIBOR 为 10%。一家银行将固定利率与 12 个月期 LIBOR 进行互换，付款频率为每年一次。2 年期和 3 年期互换利率（每年复利）分别为年率 11% 和年率 12%。估计 2 年期和 3 年期的 LIBOR 零息利率。

7.22 A 是一家英国制造商，它想以固定利率借入美元。B 是一家美国的跨国公司，它想以固定利率借入英镑。两家公司可以获得以下年利率报价：

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

	英镑	美元
A	11.0%	7.0%
B	10.6%	6.2%

设计一个互换，其中某银行为中介，每年盈利为10个基点，并保证该互换对A和B均有15个基点的盈利。

7.23 根据某个利率互换的条款，一家金融机构同意支付年率10%，同时收入LIBOR，互换本金为1亿美元，每3个月支付一次，该互换还有14个月的剩余期限。对于所有期限，与3个月期LIBOR进行互换的固定互换利率买入卖出价的平均利率为年率12%，1个月以前的LIBOR为年率11.8%。所有的利率均为每季度复利一次，该互换的价格是多少？

7.24 假定美国和澳大利亚的利率期限结构均为水平。美元的利率为年率7%，澳元的利率为年率9%，当前1澳元兑0.62美元。互换协议阐明：金融机构支付年率8%的澳元并且收入年率4%的美元。两种不同货币所对应的本金分别为1 200万美元及2 000万澳元。支付为每年一次，其中一次支付刚刚发生。这一互换剩余期限还有两年。对于金融机构而言，这一互换的价值是多少？假定所有利率均为连续复利。

7.25 一家英国公司X想在美国资金市场以固定利率借入5 000万美元，期限为5年。因为这家公司在美国不太知名，直接借入资金几乎不可能，但是该公司能够以年率12%的固定利率借入英镑。一家美国公司Y想借入5 000万英镑，期限为5年。公司Y不能借入这笔英镑资金，但可以取得年率为10.5%的美元资金。美国5年期的国债收益率为9.5%，英国5年期的国债收益率为10.5%。请构造一个适当的货币互换以达到上述目的，并使得金融中介机构的收益率为年率0.5%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 8

第 8 章

证券化与2007年信用危机

远期、期货、互换以及期权等衍生产品的主要用途是将风险从经济体中的一个实体转移到另一个实体，本书前 7 章已经着重讨论了远期、期货和互换。在讨论期权之前，我们考虑另外一个重要的转移风险方式，即证券化。

由于在 2007 年开始的信用危机（有时又叫“信用紧缩”）中所扮演的重要角色，证券化已成为一个备受关注的话题。此次危机起源于由美国房屋按揭所产生的金融产品，之后迅速从美国蔓延至其他国家，并且从金融市场传导至实体经济。有的金融机构破产，其他更多的机构不得不由政府救助。毫无疑问，21 世纪的第一个 10 年对整个金融行业而言是灾难性的。

在本章中，我们将讨论证券化的实质及其在危机中所扮演的角色。我们还将深入了解美国的按揭市场、资产支持证券、债务抵押债券（CDO）、瀑布式现金流和金融市场的激励机制的重要性。

8.1 证券化

传统的银行经营模式是吸收存款发放贷款。在 20 世纪 60 年代，美国的银行发现，随着住房按揭贷款的需求日益增加，传统的模式已经无法跟上脚步，从而推动了抵押证券市场的发展，各类按揭贷款组合由此产生，其现金流（利息和本金）被打包成债券卖给投资人。美国政府在 1968 年创立了政府国家住房按揭协会（又叫吉利美）。吉利美有偿担保合格住房贷款的利息和本金按时的支付，并发行相应的抵押证券。

尽管银行是住房按揭贷款的发行人，但是它们并没有把贷款保留在资产负债表上。证券化使得银行的发放贷款速度远远大于其存款增加的速度。其中，吉利美保证受保护的按揭抵押证券（protected MBS）的投资人免受违约风险。

20 世纪 80 年代，按揭市场开发的证券化手段被应用到其他资产上，比如在美国的汽车贷款

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

和信用卡应收款。证券化在世界其他地方同样变得越来越流行。随着证券化市场不断发展，投资人慢慢地开始接受了没有违约担保的证券。

8.1.1 资产支持证券

图 8-1 显示了在 2000～2007 年间的一种简单的证券化产品，又叫做**资产支持证券**(asset-backed security，ABS)。发行贷款的银行把这些产生现金流的贷款组合卖给一个特殊目的机构(special purupose vehicle，SPV)，然后现金流被分配到不同的份额中。图 8-1 中有 3 个份额，分别是高级份额(senior tranche)、中间级份额(mezzanine tranche)和股权级份额(equity tranche)，总资产有 1 亿美元的面额，派生出的高级份额占 8 000 万美元，中间级 1 500 万美元，股权级 500 万美元。高级份额的回报率为 LIBOR 加上 60 个基点，中间级的回报为 LIBOR 加上 250 个基点，而股权级的回报率为 LIBOR 加上 2 000 个基点。

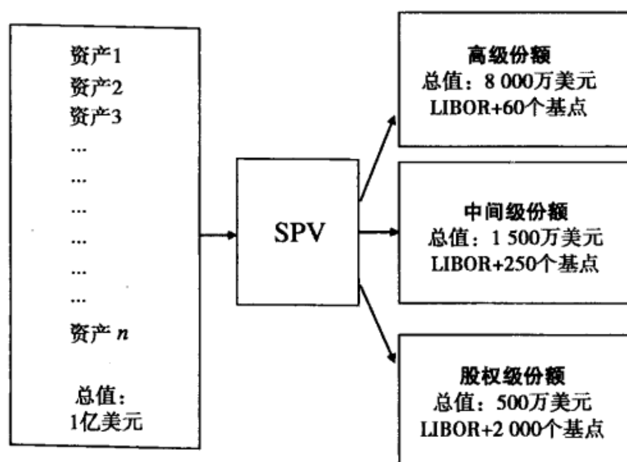


图 8-1 资产支持证券(简化版)

乍看起来股权份额最为合算，但实际并非如此。股权份额拿到回报的可能性要小于其他两个等级的份额，证券化的现金流是以所谓的**瀑布式**(waterfall)进行分配的，瀑布现金流分布如图 8-2 所示，资产产生的现金流首先要分配给最高级份额，直到这个份额收到所有的承诺回报后，现金流才会向低一级份额进行分配。假定高级份额所承诺的回报可以被满足，现金流可以进一步向中间级份额分配，如果中间级份额所承诺的回报也被满足，而且现金流仍有剩余，这时现金流才会向股权份额进行分配。阐述现金流准确分配方式的法律文件一般会长达数百页。

各份额所收到的本金取决于资产的损失程度。瀑布式现金流的情况基本如下：最初 5% 的资产损失由股权份额承担，如果损失超过 5%，股权份额将会损失全部本金，中间级份额会承担剩余损失；如果损失超过 20%，中间级份额将损失全部本金，高级份额会消化剩余损失。

我们可以用两种方式来看资产支持证券的结构：一种是以图 8-2 所示的瀑布式现金流形式。现金流首先会分配给高级份额，然后是中间级份额，最后才是股权份额；另外一种是以承担损失的方式，股权份额首先承担损失，然后是中间级份额，最后才是高级份额。穆迪、标普和惠誉等评级机构在证券化过程中扮演了重要角色。如图 8-1 所示的资产支持证券的设计方式是保证高级份额的信用评级为 AAA，中间级份额的信用评级通常为 BBB，而股权份额通常没有信用评级。[⊖]

⊖ 图 8-1 显示了一个相对简单的资产支持证券化。通常来讲，证券化会产生多于 3 个的不同评级和份额。同时证券在结构中常常伴有一些超额抵押特性，比如所有份额的总面额小于标的贷款组合的总面额、份额许诺的加权平均回报小于贷款组合的加权平均回报。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

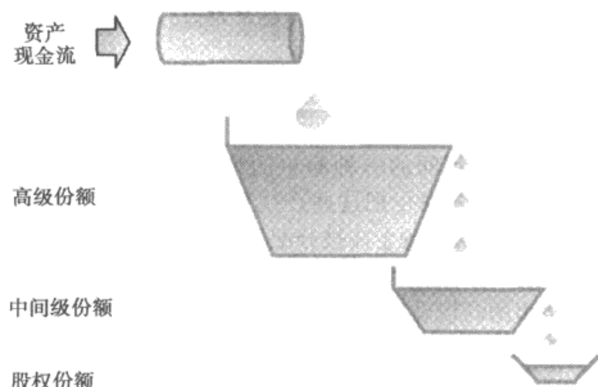


图 8-2 资产支持证券的瀑布式现金流

8.1.2 资产支持证券的债务抵押债券

寻找 AAA 级的高级份额(如图 8-1)的投资人并不困难，这个份额许诺的回报为 LIBOR + 60 个基点，与 AAA 级的债券相比，它具有相当大的吸引力。股权份额常常由按揭贷款发行人持有，或者被卖给对冲基金。

寻找中间级份额的投资人会比较困难，由此产生了资产支持证券(ABS)为资产的资产支持证券(即 ABS 中的 ABS)，其产生过程如图 8-3 所示。许多如图 8-1 所述的中间级份额被放在一起形成一个组合，于是这个组合相对应的现金流风险被再次分层，其过程与图 8-1 类似，这样产生的结构叫做资产支持证券的债务抵押证券(即 ABS CDO)。在图 8-3 的例子中，ABS CDO 高级份额的面值占 ABS 中间级份额总面值的 65%；ABS CDO 中间级份额占 25%，而剩下的 ABS CDO 股权份额占 10%。这种结构的设计是为了使得 ABS CDO 的高级份额能被评为 AAA 级，这就意味着在这个例子中，AAA 级的证券为占相关资产组合面值的 90%(80% 加上 65% 的 15%)。这一比率看起来已经很高，但如果考虑将中间级 ABS CDO 进一步证券化(事实上确实如此)，那么 AAA 级证券所占的比率将会更高。

在图 8-3 所示的例子中，如果相关按揭资产的损失小于 20%，ABS 的 AAA 级份额可以收到其承诺的收益和本金，因为所有损失都由其他次级份额承担了。图 8-2 所示 ABS CDO 的 AAA 级份额会面临更大的危险。当相关按揭组合的损失小于 10.25% 时，该份额会收到其承诺回报和本金，这时 ABS 中间级份额所承担的损失小于或等于 ABS 本金面值的 5.25%。[⊖]因为 ABS CDO 的面值为 ABS 面值的 15%，其所对应的最大损失(以 ABS 资产为基准)为 5.25/15，即 35% 的面值。因此，ABS CDO 的股权份额及中间级份额可能会全部耗尽，但最高级份额没有任何损失。

当相关资产的损失高于 10.25% 时，ABS CDO 的高级份额会有损失。例如，考虑相关资产的损失为 17% 的情形，在 17% 的损失中，有 5% 是 ABS 股权份额的损失，剩下 12% 是 ABS 中间级份额的损失。所以 ABS 中间级份额的损失率为 12/15，即 80% 的面值。最早的 35% 由 ABS CDO 的股权和中间级份额来承担，因此 ABS CDO 的高级份额损失率为 45/65，即 69.2%。表 8-1 是对这一结果及其他损失情形的总结。

⊖ 即高于股权份额 5% 的额外的 5.25% 损失。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

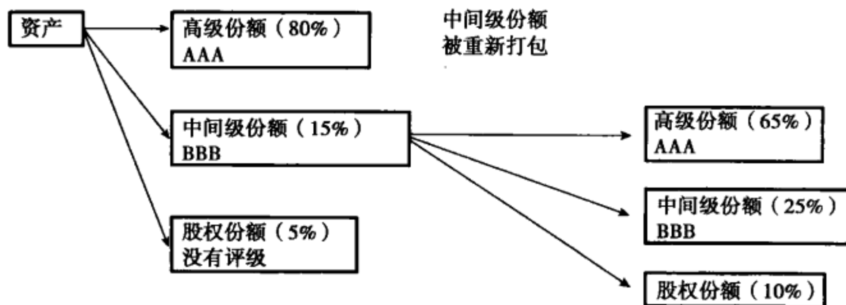


图 8-3 资产支持证券的债务抵押债券（简化版）

表 8-1 图 8-3 中的损失情形总结

资产损失(%)	ABS 中间级份额损失(%)	ABS CDO 股权份额损失(%)	ABS CDO 中间级份额损失(%)	ABC CDO 高级份额损失(%)
10	33.3	100.0	93.3	0.0
13	53.3	100.0	100.0	28.2
17	80.0	100.0	100.0	69.2
20	100.0	100.0	100.0	100.0

8.2 美国住房市场

图 8-4 显示了从 1987 年 1 月至 2009 年 5 月的标准普尔 Case-Shiller 10 城市房价指数(S&P/Case-Shiller Composite-10 index)。大约从 2000 年开始，房屋价格的增长速度远远超过了前一个 10 年同期的增长速度。2002 ~ 2005 年的低利率是造成价格增长的一个重要原因，但住房市场价格泡沫形成的原因主要是房屋贷款政策的放松。

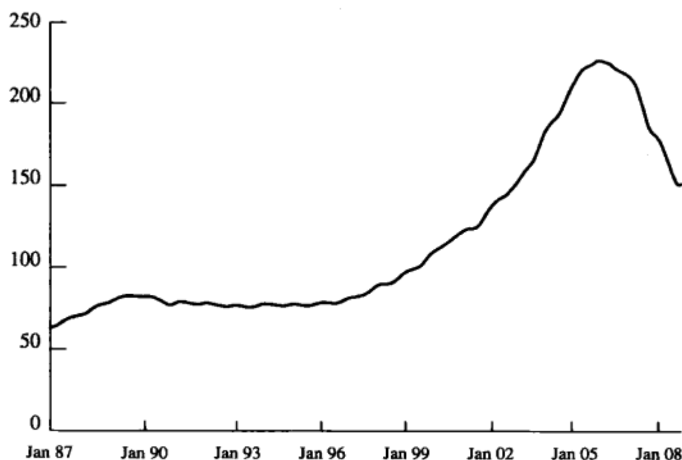


图 8-4 标普/Case-Shiller 美国 10 城市房价指数(1987 ~ 2009 年)

在 2000 ~ 2006 年间，美国按揭市场的一个显著特点是次级按揭贷款的激增。次级按揭贷款的风险明显要高于按揭贷款的平均风险。在 2000 年以前，大部分被分类为次级的按揭贷款是借款人的第二个按揭(second mortgage)，但在 2000 年以后，金融机构逐渐接受了第一按揭次级贷款(subprime first mortgage)这一名词。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

8.2.1 借贷标准的降低

贷款标准的降低以及次贷按揭的增长，对那些原本信用不够好、没有资格取得贷款的家庭而言，购买住房也成了现实。这些家庭的存在增加了市场对房屋的需求，因此房价开始上涨。对贷款经纪人和贷款机构而言，房屋价格上涨以及大量的借贷需求无疑是个好消息，更多的借贷意味着更大的盈利，并且房屋价格的上涨意味着贷款会有很好的抵押品，即使贷款人(即借入贷款者)违约，由违约所引起的丧失回赎权事件(foreclousure)也不会造成损失。

贷款经纪人与贷款机构如何保持盈利的增长呢？他们所面临的问题是随着房屋价格的上升，首次买房的购房者会越来越难以承担高房价，怎样才能持续性地吸引新客户呢？贷款经纪人及贷款机构必须设法进一步降低贷款标准。果不其然，他们就是这样做的。贷款标准降低的结果是贷款面额与房屋价值的比例提高了，这时市场开发出了可调整利率按揭(adjustable rate mortgages，ARMs)，在这一产品中，最初的前期优惠利率(teaser rate)很低，这一低利率会延续两三年，而随后的利率可能会很高。[㊀]一个典型的前期优惠利率为6%，而在优惠利率期结束后，利率会被调整为 LIBOR +6%。[㊁]但是，市场上也有过1%或2%的低优惠利率的报道。在这期间，贷款机构在审查贷款申请时也变得越来越漫不经心，以至于常常对申请贷款人的收入及其他有关信息都没有仔细审查。

8.2.2 次贷按揭的证券化

图 8-1 至图 8-3 显示了次级按揭贷款通常被证券化的方式。投资次贷份额的投资人有可能无法收回利息和本金，证券化在此次危机中扮演了重要的角色。当贷款发放人知道放出去的贷款会被证券化时，其发放行为就会有所变化。[㊂]在发放新的贷款时，他们关心的问题不再是“这是不是我们要求的信用级别？”而是“这个贷款是否可以卖给别人而赚钱？”

当按揭被证券化后，按揭支持证券的买入方所得到的唯一信息是贷款与价值的比率(loan-to-value ratio)(即贷款数量与房屋估价的比率)，以及贷款人的 FICO 分数。[㊃]关于贷款申请人的其他信息被认为是无关紧要的，所以贷款发放人常常不做检查。对于贷款发放人而言，最重要的是按揭贷款是否可以卖给其他人，而这主要取决于贷款与价值比率，以及贷款申请人的 FICO 分数。

然而，即使通过了贷款与价值比率和 FICO 分数检验的按揭也可能具有较差的信用质量，这一点颇耐人寻味，这可能是因为迫于贷款人的压力，有时资产价格评估师(property assessor)会给资产定出很高的价格，有时一些潜在的贷款人可能会在得到一定的咨询后，设法改善自身的 FICO 分数。[㊄]

为什么政府没有对贷款机构的行为进行谨慎管理呢？答案是自20世纪90年代开始，美国政府一直致力于扩大住房拥有率，并常常对贷款机构施压以使其加大对中低收入群体的贷款力度。有些州的立法机构(例如，俄亥俄州和佐治亚州)曾表示对贷款现状的忧虑，并且试图通过立法来

㊀ 当房地产价格上升时，贷款机构会预料贷款人将在低利率结束前付清按揭。但是，次级贷款中对提前偿付的惩罚可能会很高，而类似的惩罚在高端客户按揭贷款中一般是不存在的。

㊁ 例如，一个“2/28”可调整利率按揭(“2/28”ARM)是指该产品在最初两年为固定利率，而在今后的28年中为浮动利率。

㊂ 见 B. J. Keys，T. Mukherjee，A. Seru and V. Vig，“Did Securization Lead to Lax Screeening? Evidence from Subprime Loans,”Quarterly Journal of Economics，forthcoming 2010.

㊃ FICO 是由 Fair Isaac 公司开发的信用分数(范围 300～850)，它被广泛应用在按揭贷款中。

㊄ 一种做法是持续几个月对信用卡进行按时付款。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

抑制掠夺性贷款现象，[⊖]但是法院认定，全国的贷款标准应具有优先权。

信用紧缩之前，市场上有一系列的术语用于描述按揭发放过程，其中一个术语为“骗子贷款”(liar loan)，用来描述按揭贷款申请人因为知道贷款申请过程中不会进行背景调查，而在申请表上进行撒谎的行为。另外一个描述借贷人的术语为“NINJA”(没有收入、没有工作、没有资产的缩写)。

8.2.3 泡沫破裂

贷款标准的放松造成了房屋价格的泡沫，2000 ~ 2006 年间，住房价格飞速增长，发放的按揭贷款的风险也逐渐变得越来越大。所有的泡沫最终都会破裂，住房价格泡沫也不例外。在 2007 年，当初期优惠利率结束后，许多贷款持有人发现自己并没有能力支付贷款，这造成了丧失赎回权的上升，使得许多房屋重新回到市场上，从而触发了房屋价格的下跌。那些借贷数量为房屋价格 100% 或接近 100% 的贷款人这时发现其房屋的净资产(即房屋价格扣除贷款余额)是负资产(negative equity)。美国房屋市场的一个特性是在许多州按揭具有无追索(nonrecourse)条款，这意味着当贷款人违约时，贷款发放人可以收回住房，但对贷款人的其他财产不能追索，因此贷款人事实上持有一个免费的美式看跌期权，他可以在任何时候以贷款余额价值将房屋售予贷款发放人(在最初优惠利率期间，贷款面值往往会增加，这使得期权的价值变得更高)。市场参与者在后来认识到这一期权的价值很高，但为时已晚。如果贷款人的净资产为负，这时最好的策略是以住房去支付贷款余额，房屋随之在市场上拍卖，进而导致了市场价格的进一步下跌。

如果假设所有按揭违约人都面临相同的处境，这将是一个很大的错误假设。有些人不能承受按揭付款，当他们放弃房屋时会麻烦重重，但市场上有许多违约者是出于投机，他们买入房屋是为了出租，这些人会择时行使看跌期权，这会给房屋租客带来很大麻烦。有报告显示，有的房屋拥有人(并非是投机者)十分有创意地抽取看跌期权的价值，当他们将钥匙还给住房贷款发放人后，随即就以更好的价格买入其他那些已经丧失赎回权的住房。假设两个相邻并且结构相似的房屋均已丧失了赎回权，两个房屋的按揭均为 25 万美元，而且价值均为 20 万美元，丧失赎回权的拍卖价均为 17 万美元。这时房屋拥有者的最佳策略是什么？答案是每个房屋拥有者均行使看跌期权，并随即买入邻居的屋子(当时市场上确实可以在对个人信用等级没有影响的前提下做到这一点)。

美国并不是唯一房产价格下跌的国家，世界上许多其他国家的房价也难逃厄运，英国的房价就遭受了严重的打击。

8.2.4 损失

当丧失赎回权的情形越来越多时，按揭贷款的损失也与日俱增。有人或许认为如果房价下跌 35%，违约按揭贷款最大损失也至多为面值的 35%。事实上，损失远远大于此。丧失赎回权的房子通常各方面条件都很差，而且售价只是危机前房价的一小部分。2008 年和 2009 年间有报道称，丧失赎回权房屋的平均损失高达 75%。

购买由按揭产生的 ABS 份额的投资者遭受了重大损失。次贷产生的 ABS 份额的价值由一个被称为 ABX 的一系列指数来反映。指数显示，在 2007 年底，BBB 级的份额损失达到了其原始值的 80%；而到 2009 年中期，这一份额的损失高达 97%。BBB 级份额再生成的 ABS CDO 份额由一个被称为 TABX 的一系列指数来反映，指数显示，到 2007 年底，原本 AAA 级的 CDO 份额损失达到了其原始价值的 80%，到 2009 年，该类证券变得几乎一文不值。

⊖ 掠夺性贷款是指贷款借出人以欺骗的手段与客户签订的不公平的贷款合约。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

像瑞银、美林、花旗等金融机构拥有大量份额，从而遭受巨大损失；保险业巨头 AIG 由于为 ABS CDO 的 AAA 级提供损失担保，也损失惨重。政府不得不出手救助众多金融机构。2008 年的金融史可谓是意义非凡，贝尔斯登被摩根大通收购；美林被美国银行收购；高盛和摩根士丹利从之前的投行变成了银行控股公司，同时运作商业银行业务和投资银行业务；雷曼兄弟最终破产了。

8.2.5 信用危机

由住房按揭贷款支持的证券损失导致了一场严重的信用危机。在 2006 年，银行持有充足的资本金，取得贷款相对容易，而且信用溢差也很低(信用溢差是指贷款利率高于无风险利率的那一部分)。到 2008 年，情况完全不同，银行的资本金由于损失减计而大幅下降；银行变得更厌恶风险而不愿意出借贷款，有良好信用记录的个人和公司都觉得难以取得贷款，信用溢差急剧上升。全世界经历了几十年以来最坏的经济萧条。TED 溢差是 3 个月的 LIBOR 和 3 个月的美国国债利率的差，在正常的市场情况下，TED 溢差为 30 ~ 50 个基点，但是在 2008 年，这个溢差曾高达 450 个基点。

8.3 问题的症结

“非理性繁荣”是美联储前主席格林斯潘用来描述 20 世纪 90 年代牛市投资者的行为，这一描述也适用于信用危机之前的时段。按揭贷款发行人、住房按揭 ABS 和 ABS CDO 的投资者，以及那些出售份额保护的公司都认为好时光会永远持续，它们认为美国的房价将持续上升，大多数人赞同房价可能在某些地区会有微调，但是如图 8-4 所示的大幅度下跌是始料未及的。

2007 年开始的危机是由许多原因造成的，按揭贷款发放人放宽了贷款要求，证券化产品使得按揭发放人在获利的情况下把信用风险转移给投资者，评级公司从其擅长的传统债券评级业务转向对结构性产品的评级，对结构性产品的评级相对较新，而且是没有足够的历史数据。投资者购买的产品非常复杂，并且在很多情况下，投资者和评级公司所掌握的标的资产质量的信息是不准确或不完整的。结构性产品的投资者以为他们发现了印钞机，往往依赖于评级机构的评级，而自身缺乏对标的资产风险的认识。与传统的 AAA 级债券的回报相比，AAA 级结构性产品的回报要高(比如 LIBOR 加上 60 个基点)。

如图 8-1 和图 8-3 所示的结构性产品高度依赖于标的资产之间的违约相关性，违约相关性用于衡量不同贷款人在同一时间违约的可能性。在图 8-1 中，如果标的资产的违约相关度很低，AAA 级份额经受损失的可能很小，但当违约相关度上升时，高级份额风险变得越来越大。图 8-3 中的 ABS CDO 的份额更加高度依赖于违约相关性。

如果贷款呈现适中的违约相关性(就像在正常的市场情况下一样)，此时总体同时违约的可能性很小，所以由按揭产生的 AAA 级的 ABS 和 ABS CDO 是很安全的。但是，违约相关性在市场受压的情况下会相应上升，这也就是为什么许多投资者遭受损失的原因。高违约相关同时也触发了高违约率。

市场上有将具有某个等级的份额债券与类似评级的一般债券等同的倾向，评级机构公布它们用于评级份额的标准，标普和惠誉的方法是确保份额损失的概率与类似级别的债券损失概率相同，而穆迪的方法是确保份额的预期损失与同类级别的债券预期损失相同。[⊖]评级机构的评级程序

⊖ 关于结构性产品评级的合理性分析，见 J. Hull and A. White，“The Risk of Tranches Created from Residential Mortgages,” Working Paper，University of Toronto，2009.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

设计只能保证份额的损失分布和债券的损失分布的某一方面相匹配，但是分布的其他信息可能千差万别。

事实上，份额的覆盖区间通常很窄，这使得份额和债券的区别越发突出。如图8-1所示，AAA级份额通常占有80%的面额，但是其他份额的个数多达15～20个的情况也并非不常见。这些次级份额可能只占1%或2%的面额(或者叫1%或2%的覆盖区间)，如此窄的区间使得份额要么毫发无损，要么全军覆没，投资者获得部分补偿的机会很小(而债券投资人通常可以得到补偿)。考虑如下情况：一个BBB级的份额损失覆盖区间为7%～8%，如果标的组合的损失小于7%，该份额是安全的；如果标的组合的损失大于8%，份额全部损失；只有当损失在7%～8%之间，投资者才可能得到部分补偿。

许多投资者忽略了很窄的BBB份额与BBB债券的区别，这种区别造成了由ABS的BBB级份额产生的ABS CDO份额比由BBB级债券产生的CDO要危险得多。在最糟糕的市场情况下，BBB级债券组合的损失一般不会超过25%，而表8-1显示，由BBB级份额组成的组合可以轻易遭到100%的损失，对只有1%或2%的份额而言，完全损失的可能性尤其大。

8.4　避免将来的危机

我们如何做才能避免将来的危机呢？以下是几点观察见解。

8.4.1　代理成本：发行人与投资人

经济学家所指的**代理成本**(agency cost)是描述在某个商业行为中，两个不同参与者的利益不完全一致的情形。本章上述讨论说明，在美国按揭市场，因为按揭发行人与投资人的利益并不完全吻合，确实存在代理成本。如果监管当局要求按揭(及其他信用风险被转移的资产)发行人持有每个份额的一定比例(例如20%)，那么此次危机可能就不会像现在这么严重，监管当局的这一要求可以更好地使按揭发行人与份额投资人的利益保持一致。结构性产品(如ABS，ABS CDO)市场在危机后几乎消失，但金融行业的记忆会很短，在不远的将来，这个市场很可能还会重新出现。监管当局与评级公司应该对市场上不同参与者的利益不一致的现象保持警惕。

按揭发行人应在所有份额中占有一定股份，一个重要的原因是鼓励按揭发行人的借贷决策与投资人的利益一致，另一个原因是按揭发行人常常最终会成为按揭的管理者(收取利息、做出没收赎回权决策等)，这时保证管理者的决策同投资人的决策一致是十分重要的。按揭发行人有时确实会持有股权份额，这从某种程度上保证了发行人与投资人利益的一致性。但是，由于发行人在卖出其他份额后已经获得很大收益，因此往往认为股权份额是免费所得。进一步讲，一旦股权份额丧失全部本金，按揭发行人对按揭组合的表现将不再有任何兴趣。

我们应特别区分以下两种情形：按揭发行人对其组合资产的80%进行证券化；按揭发行人对组合资产的100%进行证券化，并同时持有每个份额的20%。在第一种情形中，我们总会怀疑发行人首先对贷款进行筛选，然后持有质量好的贷款，并将质量不好的贷款进行证券化。对于每个份额都被发行人持有一部分的证券，评级公司也许会给出较高的信用级别。

监管当局已经提出了与上述情形相近的监管条例。不出所料，这些条例遭到了来自银行的很大阻力，但是，有许多银行已得到政府的大量资本救济金，因此即使在反对这些条例时，它们也不会有太强的发言权。[⊖]

⊖ 见W. Rhode, "Keep What You Know", *Risk*, 21, 10(October 2008): 56-58.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

8.4.2 代理成本：金融机构与其雇员

另外一个代理成本源自于金融机构与其雇员之间。雇员的工资分成三类：基本工资、年终现金分红以及股票和股票期权。金融机构中，许多不同级别的雇员（特别是交易员）的工资很大一部分是以年终现金分红形式给出的，这种工资形式侧重于短期表现。如果某个雇员在某年盈利很高而在今后的几年损失很大，该雇员在第一年会收到很高的现金分红而在今后几年不需要归还已得到的分红，雇员也许因为第二年的损失而失去工作，即使这样，对他来讲，情况也不是太糟。令人惊讶的是，金融机构好像很愿意雇用那些简历上有亏损记录的求职者。

假设你是一家在2006年投资于ABS CDO资产的金融机构的雇员，你基本已经确认美国房屋市场存在泡沫并认定这一泡沫最终会破裂，但是你仍然可能决定进行ABS CDO投资，如果这一泡沫在2006年12月31日之前不破裂，你仍可能在2006年底收到一笔可观的分红。

我们这里并非指责华尔街的工资过高，而是说工资的计算方式应该有所改变。一种改进的办法是保证雇员的分红与其长期表现（例如5年）而不是只与一年的表现挂钩，即所谓的回补机制（clawbacks）。一种想法如下：在每年年末，金融机构奖励给每位雇员分红积分（bonus accrual）（可正可负），这些积分反映了雇员对于业务的贡献，每位雇员在年底所收到的实际现金分红等于过去5年的现金分红积分的平均与0之间取最大值。为了方便计算，分红积分在雇员加入到公司之前设定为0（除非事先商定好其他值），当雇员离开公司后，分红也不再支付。虽然这种机制并不完美，但它可以鼓励雇员在做出业务决定时将眼光放得长一些。

8.4.3 透明度

在住房按揭市场上，由份额再产生份额的产品，其结构相当复杂，原因在于不同产品之间的相关性非常难确定。长久看来，市场上不会再流行超过一层的证券化（如图8-1所示的结构可能会存在，但如图8-3结构所示的需求将非常有限），这一趋势将提高透明度。

另一个问题在于，ABS或ABS CDO常常是由一个长达数百页的法律文件来定义的。许多投资人在买入AAA的份额结构时并没有仔细分析这一法律文件，他们的决策仅仅依赖于AAA的评级标签。一旦一个份额被认定为高风险，这一份额在市场上一定难以交易，因为潜在的投资人对份额相关资产以及每个份额的现金流的计算方法并不是十分了解。律师应该与时俱进，应该利用软件而不是用文字来定义这些产品，除了提供定义产品的按揭及其他资产的数据文件，律师还应该提供对于不同情形下计算现金流的软件。确保这些信息公开化可以有效增强透明度和产品流动性。

8.4.4 对模型的需求

通常来讲，如果对于某种产品还没有得到一个令人满意的模型，金融机构是不会交易这种产品的。典型的情况是，任意一家金融机构都有一个特定的小组会对产品定价模型进行检测，在模型没有被批准之前，金融机构不能进行任何交易。令人吃惊的是，金融机构在没有定价模型的情况下，确实交易了ABS和ABS CDO中的高级份额。一种解释是，金融机构认为对AAA级产品不需要模型，但是没有模型，风险管理便无从谈起。同时，产品降级会给金融机构带来更多问题。

金融机构是否具备交易ABS CDO的能力非常令人惊讶，ABS CDO的结构与合成CDO市场中的**CDO平方**（CDO squared）十分接近。交易员认为CDO平方是十分危险的，很大原因在于其对相关性的高度依赖，因此定价也十分困难。

8.4.5 模型如何被应用

如果市场上确实有对ABS和ABS CDO定价的模型，那么一定会给管理人员带来帮助，但具

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

有模型并不一定说明我们具备了足够缓解次贷危机的能力。为了说明模型确实可以为我们提供帮助，我们需要讨论模型的应用。监管人员以及金融机构所采用的风险管理方法在很大程度上取决于历史经验。例如，描述市场风险的风险价值度(value at risk，VaR)数据通常是基于过去2~4年市场变量的变化(见第20章)，信用风险则是基于过去百年的历史违约经验，压力测试通常要涉及过去10年、20年以及30年中市场变量的大幅度剧烈变化。

毫无疑问，历史数据确实可以给风险管理人员提供一个有用的参考，但我们不可机械地将历史数据应用于模型，并由此来确定风险是否可以被接受。在风险管理过程中，我们在使用模型的同时，还要进行一定的人为判断，这一点十分重要。一个由高级管理人员构成的风险委员会必须定期开会来讨论金融机构所面临的重大风险。压力测试必须是基于由这些高管以及由历史数据所确定的情形。风险管理委员会应该对市场上出现的“非理性繁荣”保持高度警惕。

过去的金融危机给我们的一个教训是，当市场受压时，违约相关性会随之增大。采用标准风险价值度技术，通过历史数据来估测相关性，并将这些相关性应用于受压市场是一种不合适的做法。风险管理委员会的一个职责是识别房屋价格中的泡沫，并且要坚持实施假设一个全国范围内违约会同时增大的压力测试。当然，另一个要点是，银行的决策者应认真听取风险管理人员及风险委员会的建议，尤其是在非理性繁荣期间，做到这一点非常重要。有证据表明，有些决策人员并不愿意这么做。

小结

银行通过证券化的方式把贷款和其他产生收入的资产打包成证券，然后卖给投资者。这样做可以把贷款从银行的资产负债表中剥离，从而使得银行能比以前更快地发展贷款业务。第一批被证券化的贷款发生在1960~1970年美国的房屋按揭贷款。由于吉利美的担保，购买房屋抵押证券的投资者没有贷款人违约的风险。之后，汽车贷款、公司贷款、信用卡应收款以及次级贷款纷纷被证券化。很多情况下，这些证券的投资者没有违约保护。

在2007年开始的信用危机中，证券化扮演了重要的角色。由次贷产生的份额被进一步打包形成新的份额。危机的源头可以追溯到美国的房屋市场，当时的美国政府热衷于鼓励住房拥有率，同时利率一度很低，按揭经纪人和按揭发行人发现，通过放宽借贷标准，可以使得自身的业务更具吸引力。证券化使得投资者承担的信用风险不同于按揭发行人的风险，评级机构对证券化的高级份额给出了AAA的评级，由于其收益率比其他AAA级债券要高，AAA级份额在市场上备受投资者的青睐。银行认为“好时光”将会持续，因为交易员的薪酬只看重短期盈利，所以银行的雇员无视房屋市场的泡沫以及泡沫对一些非常复杂的产品的影响。

当初次购房者及投资者一起进入市场时，房价上涨。有些按揭包括适用于最初两三年的优惠利率，当优惠利率结束后，许多贷款的还款利息会显著增加，因不能偿还高利息贷款，贷款人只能违约，从而造成了丧失赎回权的增大，同时也增大了卖方市场的供应，2000~2006年市场上涨现象终于戛然而止，投机者及其他投资者发现他们所欠按揭的价值大于其违约的房屋价值(即净资产为负值)，这加重了房价的下滑幅度。

我们可以采取几种措施来避免今后类似的危机。贷款发行人的利益最终要和承担信用风险的投资人的利益保持一致，我们可以要求最初发行人持有发行债券各个份额的一定数量。金融机构的奖励制度也应该进行改革，制度要强调奖励重点不是侧重于短期表现，市场交易产品的透明度应增强，风险应被广大投资者所理解。风险管理过程除了应用模型外，还应包括进行大量风险管理者的判断。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

推荐阅读

Gorton, G. "The Panic of 2007," Working Paper, Yale School of Management, 2008.

Hull, J.C. "The Financial Crisis of 2007: Another Case of Irrational Exuberance," in: *The Finance Crisis and Rescue: What Went Wrong? Why? What Lessons Can be Learned*. University of Toronto Press, 2008.

Keys, B.J., T. Mukherjee, A. Seru, and V. Vig. "Did Securitization Lead to Lax Screening? Evidence from Subprime Loans," *Quarterly Journal of Economics*, forthcoming, 2010.

Krinsman, A.N. "Subprime Mortgage Meltdown: How Did It Happen and How Will It End," *Journal of Structured Finance*, Summer 2007, 13–19.

Mian, A., and A. Sufi. "Securitization, Mortgages, and the Real Economy: Evidence from the U.S. Mortgage Default Crisis," *American Economic Review*, forthcoming, 2010.

Zimmerman, T. "The Great Subprime Meltdown," *Journal of Structured Finance*, Fall 2007, 7–20.

测验题

8.1 请解释吉利美在20世纪70年代的按揭抵押证券市场中所扮演的角色。

8.2 请解释以下概念：ABS和ABS CDO。

8.3 什么是中间级份额？

8.4 证券化瀑布式现金流是指什么？

8.5 表8-1中针对以下损失率的数字分别是多少：12%和15%？

8.6 什么是次级贷款？

8.7 请解释为什么2000~2007年间的房价增长被认为是一个泡沫。

练习题

8.8 在2000~2007年间，为什么按揭发放人不经常审查申请人所提供的信息？

8.9 市场是如何错误判断ABS CDO的风险的？

8.10 什么是代理成本？在信用危机中，代理成本又是如何体现的？

8.11 ABS CDO是如何派生出来的？动机又是什么？

8.12 请解释违约相关性的增加对ABS高级份额风险的影响。对股权份额又有什么影响？

8.13 请解释为什么AAA级的ABS CDO份额比AAA级的ABS份额更危险。

8.14 请解释为什么年终奖金有时被称为“短视的薪酬”。

作业题

8.15 假定如图8-3所示的ABS和ABS CDO中，分配给高级、中间级、股权级的本金比例分别为70%、20%和10%，这对表8-1会产生什么影响？

8.16 如果如图8-3中ABS的中间级份额的覆盖范围(宽度)变小，同时中间级份额本金也减少，这对表8-1有何影响？

8.17 为什么次贷市场存在透明度问题？为什么在金融市场上缺乏透明度被认为是一件糟糕的事？如何提高透明度？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

9 CHAPTER

第 9 章

期权市场的运作过程

本书后面的大部分内容都是关于期权理论。本章我们将解释期权市场组织结构、市场专用术语、市场的交易过程以及抵押担保金的设定等。在后面的章节我们将检验期权的交易策略、期权定价以及期权的对冲，本章主要讨论股票期权。货币期权、股指期权及期货期权将分别在第 15 章和第 16 章中讨论。

期权产品在本质上与远期和期货产品不同，期权给持有者某种权利去做什么事情，但持有者不一定必须行使权利。与之相反，在远期和期货合约中，合约的双方有义务执行合约。进入远期和期货合约，交易者不用付费(保证金的要求除外)，而对于期权产品，持有者最初必须付费。

为简单起见，本章的讨论不考虑货币的时间价值，比如购买一个期权的盈利等于到期日的收益减去一开始支付的期权成本。

9.1 期权的类型

如第 1 章所述，期权有两种基本类型，一种是**看涨期权**(call option)，此类期权给期权持有者在将来一定时刻以一定价格买入某资产的权利；另一种为**看跌期权**(put option)，此类期权给期权持有者在将来一定时刻以一定价格卖出某资产的权利。期权合约中阐明的期限被称为**到期日**(expiry date)或**满期日**(maturity date)，期权合约中所注明的价格被称为**行使价格**(exercise price)或**敲定价格**(strike price)。

期权可以是美式期权(American option)或者是欧式期权(European option)，这些名称与期权交易的地理位置毫无关系。美式期权可在到期日之前的任何时刻行使，而欧式期权只能在到期日才能行使。大多数交易所交易的期权为美式期权，但通常来讲，欧式期权比美元期权更容易分析，一些美式期权的性质常常从欧式期权的性质中演变而来。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

9.1.1 看涨期权

例 9-1 考虑投资者买入某欧式看涨期权的情形。期权的行使价格为 100 美元，拥有这一期权，持有者有权以这一价格买入 100 股股票。假定当前股票的市场价格为 98 美元，期权到期日为 4 个月，每单位期权(即可购买一股股票)的价格为 5 美元。持有者的最初投资为 500 美元。因为期权为欧式，即持有者只能在到期日才能行使期权。如果在到期日，股票价格小于 100 美元，很明显投资者不会行使期权(这时没有必要以 100 美元的价格买入市场价格低于 100 美元的股票)，因此投资者会损失全部 500 美元的最初投资。如果在到期日，股票价格大于 100 美元，期权会被行使。假定在到期日股票价格为 115 美元，通过行使期权，期权持有者可以每股 100 美元的价格买入 100 股股票，如果投资者马上将股票变卖，每股可以赚入 15 美元。忽略交易费用，投资者的收益为 1 500 美元。将最初的期权费用考虑在内，投资者的盈利为 1 000 美元。

【例 9-1】 看涨期权的盈利

某投资者买入一看涨期权，此期权可令投资者买入 100 股股票。

行使价格 = 100 美元；

当前股票价格 = 98 美元；

买入一股股票期权的价格 = 5 美元；

最初投资为 100 × 5 = 500 美元。

在期权到期日，股票价格为 115 美元，此时行使期权收益为 (115 − 100) × 100 = 1 500 美元。将最初期权费用考虑在内，投资者净收益为 1 500 − 500 = 1 000 美元。

图 9-1 显示了实例中投资者买入看涨期权的净收益与最终的股票价格的关系。我们应该认识到期权持有者有时在行使期权后，整体而言仍承受损失，对这一点有所认识很重要。例如，假定在到期日的股票价格为 102 美元，期权持有人会行使期权，收益为 100 × (102 − 100) = 200 美元，将最初的期权费用考虑在内，期权持有者的损失为 300 美元。可能有人会认为此时期权持有者不应该行使期权，但那样一来整体损失会高达 500 美元，这比行使期权时 300 美元的损失还要高。总而言之，当到期日股票价格高于行使价格时，期权持有人就应该行使期权。

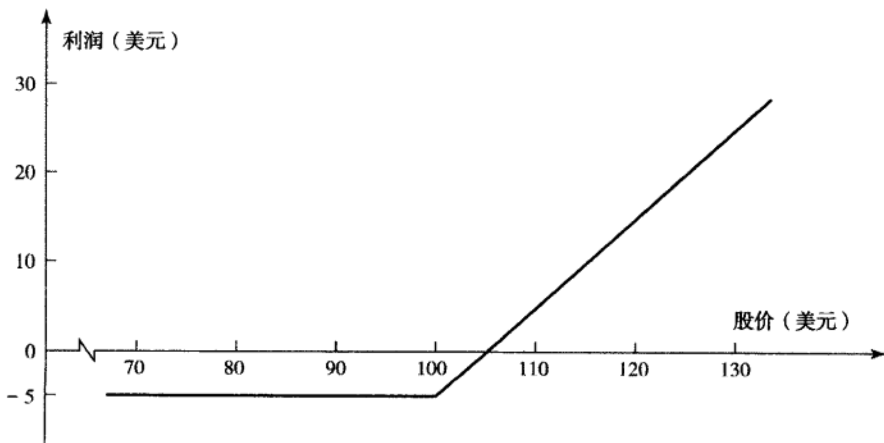


图 9-1 买入单位看涨期权的收益曲线

注：期权价格 = 5 美元，行使价格 = 100 美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

9.1.2 看跌期权

看涨期权持有者预期股票价格上涨，看跌期权持有者则预期股票价格下跌。例9-2考虑某投资者买入了某欧式看跌期权的情形。期权的行使价格为70美元，拥有这一期权，持有者有权以这一价格卖出100股股票。假定当前股票价格为65美元，期权到期日为3个月，每单位期权的价格为7美元，投资者的最初投资为700美元。因为期权为欧式，即这一期权只能在到期日股票价格低于70美元时才会被行使。假定在到期日股票价格为55美元，按照期权的约定，期权持有者可以每股70美元的价格卖出股票，因此投资者每股收益为15美元，即整体收益为1 500美元(仍然忽略交易费用)。将最初的期权费用考虑在内，投资者的净收益为800美元。在这里，投资者的投资收益并不一定永远为正。如果在到期日股票价格高于70美元，期权在到期时会一文不值，投资者会损失全部投资。图9-2显示了实例中投资者买入看跌期权的净收益与最终股票价格之间的关系。

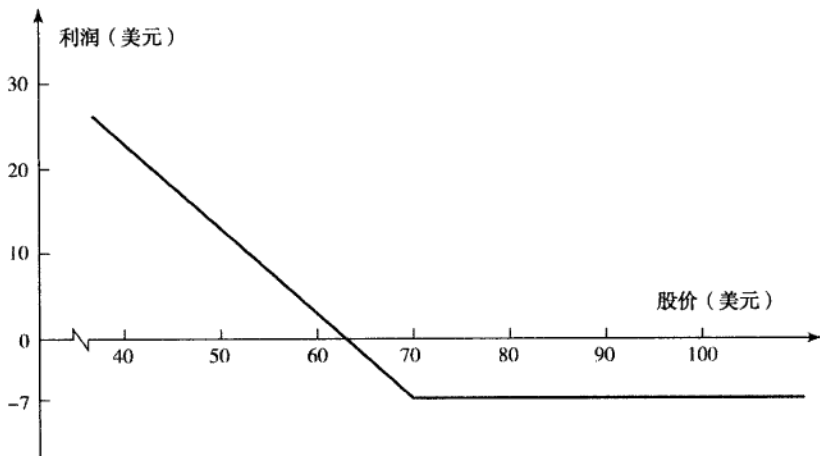


图9-2 买入看跌期权的收益曲线

注：期权价格为7美元，行使价格为70美元。

9.1.3 提前行使期权

如上所述，交易所的交易期权通常为美式期权而不是欧式期权，这意味着在前面所述的投资者并不一定要等到到期日时才行使期权，我们在今后将阐述有时在到期日之前行使期权为最优。

【例9-2】 看跌期权的收益

某投资者买入一看跌期权，该期权可令投资者卖出100股股票。

行使价格＝70美元；

当前股票价格＝65美元；

买入一股股票期权价格＝7美元；

最初投资为100×7＝700美元。

在期权到期日，股票价格为55美元，此时行使期权按期权约定，投资者以每股70美元卖出价值为55美元的股票，每股期权带来的收益为15美元，整体收益为1 500美元，将最初期权费用考虑在内，投资者净收益为1 500－700＝800美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

9.2 期权头寸

任何一个期权都有两方：一方为期权的长头寸方(即买入期权)，另一方为期权的短头寸方(即卖出期权或对期权进行承约)。卖出期权的一方在最初收入期权费，但在今后有潜在的义务，承约方的收益与买入期权一方的收益刚好相反。图 9-3 和图 9-4 分别是图 9-1 和图 9-2 的变形形式，它们显示了期权承约人的收益。

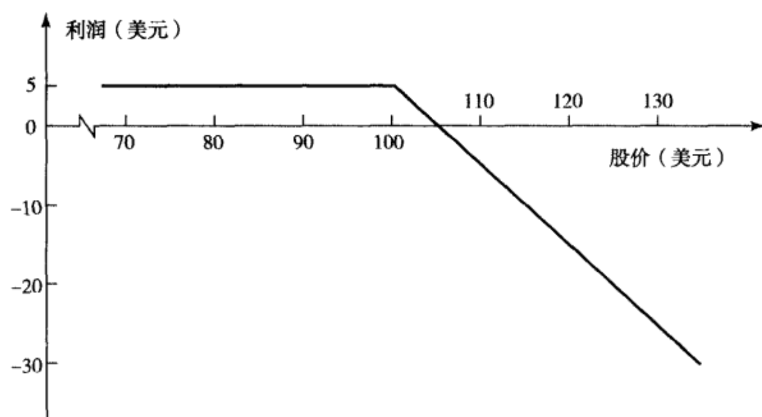


图 9-3　卖出看涨期权的收益图

注：期权价格为 5 美元，行使价格为 100 美元。

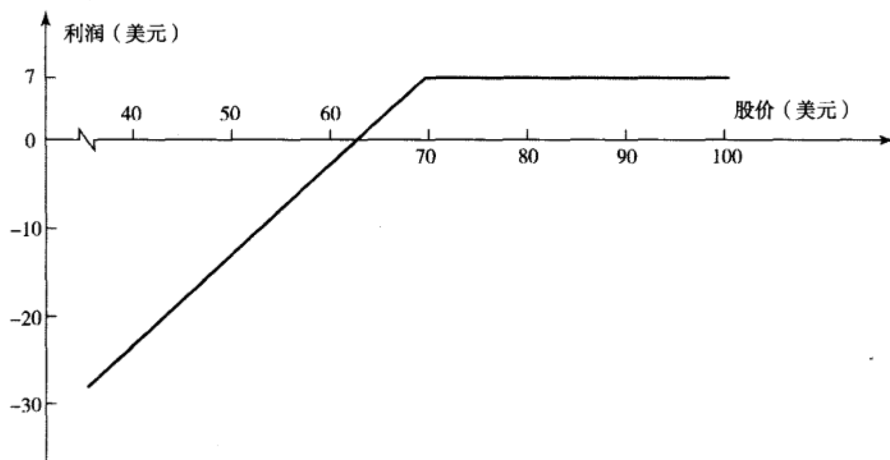


图 9-4　卖出看跌期权的收益图

注：期权价格为 7 美元，行使价格为 70 美元。

期权交易共有 4 种头寸形式：

1. 买入看涨期权；
2. 买入看跌期权；
3. 卖出看涨期权；
4. 卖出看跌期权。

期权能够以其收益形式进行分类，这种分类方式十分有用。计算中不包括期权的最初费用。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

如果 K 为行使价格，S_T 为标的资产的最终价格，看涨期权的长头寸的收益为

$$\max(S_T - K, 0)$$

以上收益反映了一点：如果 $S_T > K$，期权会被行使；如果 $S_T \leqslant K$，期权不会被行使。欧式看涨期权的短头寸的收益为

$$-\max(S_T - K, 0) = \min(K - S_T, 0)$$

欧式看跌期权的长头寸的收益为

$$\max(K - S_T, 0)$$

欧式看跌期权的短头寸的收益为

$$-\max(K - S_T, 0) = \min(S_T - K, 0)$$

图 9-5 显示了期权的收益图。

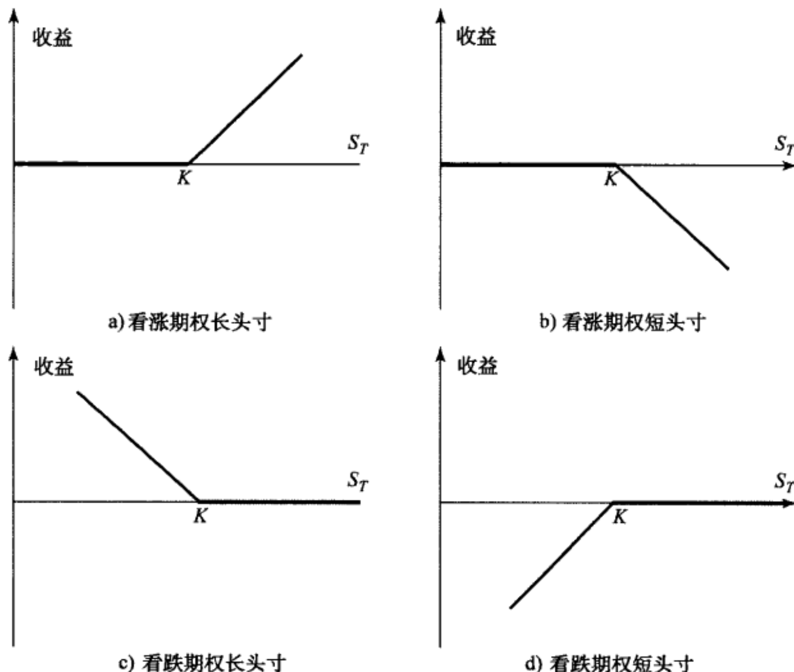


图 9-5 欧式期权收益

注：K 指行使价格；S_T 指到期时的资产价格。

9.3 标的资产

本节我们将简要介绍标的资产为股票、货币、股指和期货等期权的交易。

9.3.1 股票期权

大部分股票期权交易发生在交易所，美国主要交易股票期权的交易所包括芝加哥期权交易所（www.cboe.com）、纳斯达克 OMX（www.nasdaqtrader.com，在 2008 年收购了费城股票交易所）、纽约证交所 Euronext（www.euronext.com，在 2008 年收购了美国股票交易所）、国际证券交易所（www.iseoptions.com）和波士顿期权交易所（www.bostonoptions.com）。有 1 000 多种股票可以进行期权交易。在一份期权合约中，持有者可以买入或卖出 100 股股票，因为股票本身通常以 100 股为单位进行交易，所以这一规定对投资者而言非常有利。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

9.3.2 外汇期权

大部分外汇期权交易发生在场外市场，在交易所也有一些外汇交易，美国最主要的外汇期权交易所为纳斯达克 OMX，该交易所提供不同种类货币的欧式期权。期权合约的规模与货币种类有关，一份期权合约通常购买或出售等价于 1 万外币的美元(对于一份日元期权，购买或出售等价于 100 万日元的美元)。第 15 章将进一步讨论货币期权。

9.3.3 指数期权

在全球范围内，场外市场及交易所交易市场有许多不同种类的指数期权。在美国，最流行的合约为 S&P 500 股指(SPX)期权、S&P 100 股指(OEX)期权、纳斯达克 100 股指(The Nasdaq 100 Index，NDX)期权和道琼斯工业指数(Dow Jones Industrial Index，DJX)期权。所有这些期权都在芝加哥期权交易所交易。大多数期权合约为欧式期权。其中，S&P 100 股指期权例外，该期权为美式期权。每一份合约可以购买或出售的金额为行使价格指数的 100 倍。合约总是以现金结算，而不是交割指数交易组合。例如，某 S&P 100 看涨期权的行使价格为 980。当指数价格为 992 时，期权会被行使，承约方需向期权持有者支付(992 - 980) × 100 = 1 200 美元。指数期权将在第 15 章进一步讨论。

9.3.4 期货期权

当某交易所交易某特定期货时，该交易所也往往交易对于这一期货的期权。期货期权的到期日一般来讲会在期货交割日期之前。当看涨期权被行使时，期权持有者从期权承约方处获得标的期货合约的长头寸及期货价格超出行使价格的现金额。当看跌期权被行使时，期权持有者从期权承约方获得标的期货合约的短头寸以及行使价格超出期货价值的现金额。我们在第 16 章将进一步讨论期货期权。

9.4 股票期权的特征

在本章的以下内容，我们将着重讨论股票期权。如上所述，美国的交易所交易的期权为美式期权，每一份合约可以购买或出售 100 股股票。关于合约的细节，例如到期日、行使价格、股息情况处理、投资者的头寸限额等均由交易所来确定。

9.4.1 到期日

用于描述股票期权的一个术语为到期日所在的月份，即到期月，因此 1 月份 IBM 看涨期权的到期日为 1 月份的某一天。精确的到期时间为到期月的第 3 个星期五之后的星期六，期权的最后交易日为到期月的第 3 个星期五。期权的长头寸方通常在这个星期五的美国中部时间下午 4：30 之前给经纪人发出指令行使期权。经纪人可在第 2 天中部时间晚上 10：59 之前完成书面报告并通知交易所准备行使期权。

股票期权在 1 月、2 月和 3 月的循环周期上进行交易。1 月份循环包括 1 月份、4 月份、7 月份及 10 月份；2 月份循环包括 2 月份、5 月份、8 月份及 11 月份；3 月份循环包括 3 月份、6 月份、9 月份及 12 月份。如果当月月份的到期日尚未到达，交易期权包括当月的到期期权，下个月到期的期权和当前月循环中下两个到期月的期权；如果当月的到期日已过，交易期权包括下个月到期的期权，下下月到期的期权以及这一个月循环中下两个到期月的期权。例如，假定 IBM 股票期权处在 1 月份循环中。在 1 月初，该股票期权的到期月份为 1 月份、2 月份、4 月份和 7 月份；

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

在1月末，该股票期权的到期月份为2月份、3月份、4月份及7月份，在5月初，该股票期权的到期月份为5月份、6月份、7月份及10月份，等等。某一期权到期后，另一期权交易随即开始。美国的交易所交易大约500只股票的长期限的期权，这类期权被称为长期限股票参与证券(long term equity anticipation securities，LEAPS)。这些期权的期限可能长达39个月，LEAPS的到期日总是在1月份。

9.4.2 行使价格

交易所通常选定期权的行使价格，只有那些选定的行使价格的期权才能被承约，行使价格的价格间隔分别为2.5美元、5美元或10美元。通常来讲，当股票价格介于5～25美元之间时，行使价格的间隔为2.5美元；当股票价格介于25～200美元之间时，行使价格的间隔为5美元；当股票价格高于200美元时，行使价格的间隔为10美元。接下来将要讨论，股票拆股及股息均会造成非标准的行使价格。

当一个新的到期日被引入时，交易所通常会选择2个或3个最接近股票当前价格的行使价格。如果股票价格变动超出了最高行使价格及最低行使价格的范围，交易所通常会引入新的行使价格的期权。为了说明这些规则，假定在交易10月份期权开始时，股票价格为84美元，交易所最初提供的看涨期权及看跌期权的行使价格为80美元、85美元及90美元。当股票价格上升到90美元以上时，交易所将非常有可能提供行使价格为95美元的期权；当股票下降到80美元以下时，交易所非常有可能提供行使价格为75美元的期权，等等。

9.4.3 术语

在任何给定的时刻，对于任何资产，市场上可能有许多不同的期权在进行交易。考虑某股票，该股票有4个到期日及5个不同行使价格的期权。如果对于每个到期日及行使价格均有相应的看涨期权和看跌期权，这样会有40种不同的期权合约在进行交易。所有类型相同的期权(看涨或看跌)都可以划为某个**期权类**(option class)。例如，其看涨期权为一类，其看跌期权为另一类。一个**期权系列**(option series)是指具有相同到期日和行使价格的某个给定类型的期权。换句话说，某期权系列是指市场交易中某个特定的合约。10月份70 IBM看涨期权是一个期权系列。

期权可分为**实值**(in the money)、**平值**(at the money)和**虚值**(out of the money)期权。如果S为股票价格，K为行使价格，当$S>K$时，看涨期权为实值期权；当$S=K$时，看涨期权为平值期权；当$S<K$时，看涨期权为虚值期权。当$S<K$时，看跌期权为实值期权；当$S=K$时，看跌期权为平值期权；当$S>K$时，看跌期权为虚值期权。显然，只有在期权为实值期权时才会被行使。如果不考虑交易费用，且期权一直没有被提前行使的话，实值期权通常在到期日才会被行使。

一个期权的**内涵价值**(intrinsic value)定义为0与期权立即被行使的价值的最大值。一个看涨期权内涵价值为$\max(S-K,0)$；一个看跌期权的内涵价值为$\max(K-S,0)$。一个实值美式期权的价值一定高于其内涵价值，因为该期权持有者可以马上行使期权来实现其内涵价值。通常，一个实值美式期权的持有者最好的做法是将期权持有至到期日，而不是立即执行期权。期权具有**时间价值**(time value)。期权的整体价值等于内涵价值与时间价值的和。

9.4.4 灵活期权

芝加哥期权交易所提供股票和股指**灵活期权**(flex option)。这种期权是交易所内的交易员提供的具有非标准条款的期权。这些非标准化条款所涉及的到期日、行使价格不同于交易所通常提供的期权。灵活期权是期权交易所试图从场外市场争夺客户的一种尝试。交易所注明灵活期权交易的最小规模(比如100份合约)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

9.4.5 股息和股票拆股

早期的场外期权受到股息保护。如果一家公司发放现金股息，公司股票期权的行使价格会减去股息金额。交易所交易期权不受股息保护。换句话说，当公司发放现金股息时，期权中的条款不做任何调整。对于大额现金股息有时会有例外(见业界实例9-1)。

当股票拆股时，交易所交易的期权要进行调整。股票进行拆股，现存的股票被分割成更多的股票。例如，在某股票3比1(3-for-1)拆股时，3股新发行的股票将代替原来的1股股票。因为股票拆股不改变公司的资产和盈利能力，因此拆股不会影响公司股东的财富。在其他条件不变的情况下，3比1拆股会使得拆股后的股票价格等于拆股前价格的1/3。通常来讲，n 比 m 拆股会使得股票价格下降为拆股前价格的 m/n 。期权中的条款会有所调整以反映因拆股而造成的价格变化。在 n 比 m 拆股时，期权的行使价格也变为拆股前行使价格的 m/n 倍，每一个新的期权所涉及的股票数量为初始期权所涉及的股票数量的 n/m 倍。如果股票价格像预期的那样降低，期权承约方及买入方的头寸不会改变。例9-3是关于这些规则的一个应用。

【例9-3】 拆股对期权条款的影响

某看涨期权可以让持有者以每股30美元的价格买入某公司100股股票。假定公司进行了2比1股票拆股，期权合约的条款将变为持有者有权以每股15美元的价格买入200股股票。

股票期权根据股票股息进行调整，股票股息可以是公司向其股东分发更多的股票。例如，20%的股票股息是指股东每拥有5股原公司股票，就会收到1股新股票。同拆股类似，股票分发股息对公司的资产和盈利均无影响。在公司分发股息后，可以预计公司的股票价格会有所下降。20%的股票股息基本上等价于6比5的拆股。在其他条件不变的情况下，这一股票股息会造成股价下降到发放股息前价格的5/6。与拆股类似，这时期权合约中的条款会有所调整，以反映股票股息所带来的股票价格的变化。例9-4提供了一个实例。

【例9-4】 股票股息对于期权条款的影响

考虑某看跌期权，该期权可以使持有者以每股15美元的价格出售100股股票。假定公司发放25%的股票股息，等价于5比4的拆股。期权合约的条款将会变成持有者有权以12美元的价格出售125股股票。

对于**优先权证**(rights issues)，期权条款也要调整。基本的调整方法是首先计算权证的理论价格，然后从行使价格中减去这一数量。

业界实例9-1　古弛公司的大额股息

当股票股息很大(通常大于股票价格的10%)时，芝加哥期权交易所的期权结算委员会(Option Clearing Corporation，OCC)可以做出决定是否要对期权条款进行调整。

2003年5月28日，古弛公司宣布其股票每股将支付13.50欧元(大约为15.88美元)的股息，这一决定在2003年7月16日的股东大会上得到批准。股息金额大约为公

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

布股息时股票价格的 16%。对于这种情况，OCC 决定调整期权的条款。其结果是：看涨期权的持有者付出的金额为 100 乘以行使价格并同时收入 1 588 美元和 100 股股票；看跌期权行使时需要交付 100 股股票附加 100 × 15.88 = 1 588 美元现金。

对应于大额股息，并不是总要进行调整。例如，1998 年 3 月 10 日，德国奔驰公司宣布了占股票价值 12% 的股息分配方案，这一数量令市场震惊，而德国证券交易所没有对交易所交易的期权做出任何调整。

9.4.6 头寸的限额和行使限额

芝加哥期权交易所常常阐明期权合同的头寸限额，这些限额是每一个投资者在市场的某一方中可持有期权合约的最大数量。为了这一目的，我们可以认为看涨期权的长头寸及看跌期权短头寸为市场的同一方。同样，看涨期权的短头寸方与看跌期权的长头寸方也被看做是市场的同一方。行使限额规定了任一投资个人(或者一投资集团)在 5 个连续的交易日中可以行使期权合约的最大额度。对于市场上最大及交易最频繁的股票的期权行使限额为 25 万份合约。市场规模较小的股票的期权行使限额可以是 20 万、7.5 万、5 万和 2.5 万份合约不等。

虽然头寸限额及行使限额的设定是为了防止某些个人或群体操纵市场，但投资者对于这些额度设定的必要性仍有争议。

9.5 交易

传统上，交易所为投资者提供了一个交易期权的宽敞的交易区域，但最近这种情况有所变化。许多衍生产品交易所完全电子化了，因此交易员之间并不需要见面。美国国际证券交易公司(International Securities Exchange，www.iseoptions.com)在 2000 年 5 月推出了第 1 个股票期权交易的完全电子化市场。芝加哥期权交易所超过 95% 的交易是电子交易，剩下的交易多半是大规模的或者是复杂的机构交易，所以仍要求在场交易员的操作。

9.5.1 做市商

大多数交易所都采用做市商制度来促成交易的进行。某一期权的做市商在询价方问询价格时，会同时报出买入价及卖出价。买入价是做市商准备买入期权的价格，卖出价是做市商准备卖出期权的价格。在报出买入价及卖出价时，做市商并不知道问询价格一方是要买入还是卖出期权。卖出价一定会高出买入价，其差额就是买卖差价(bid-offer spread)。交易所设定买卖差价的上限。例如，交易所期权价格小于 0.5 美元时，设定买卖差价上限为 0.25 美元；期权价格价于 0.5 ~ 10 美元之间时，设定上限为 0.5 美元；期权价格介于 10 ~ 20 美元之间时，设定上限为 0.75 美元；期权价格高于 20 美元时，设定上限为 1 美元。

做市商的存在可以确保买卖指令在没有延迟的情况下在某一价格立即执行，因此，做市商的存在增加了市场的流动性。做市商本身可以从买卖差价中盈利，他们可以应用第 17 章所讨论的方法来对冲风险。

9.5.2 冲销指令

购买期权的投资者可以发出出售相同期权的冲销指令来结清头寸。类似地，某期权的承约方也可以发出一个购买相同期权的冲销指令来结清头寸。当某期权正在交易时，如果交易的任何一方都没有冲销其现存交易，则**持仓量**(open interest)加 1；如果某一方冲销某现存头寸而另一方没

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

有冲销其头寸，此时持仓量保持不变；如果双方都冲销头寸，此时持仓量减1。

9.6 佣金

投资者向经纪人发出的期权交易指令形式同期货交易类似。市场指令可以马上执行，限价指令是当市场出现合适价格才被执行的指令，等等。

对于投资者来说，不同经纪人的佣金会很不同。折扣经纪人(discount broker)的收费要比提供全面服务经纪人(full service broker)要低。实际收费常常等于一个固定数量再加上交易量的百分比。表9-1显示了某折扣经纪人的一种收费报表。根据这一报表，买入8份价格为3美元的期权交易佣金为 $20+0.02\times 2\,400=68$ 美元。

当进入冲销交易来结清现存交易时，投资者也必须再次支付佣金。当期权被执行时，所付佣金的数量会与买入及卖出标的资产的佣金相同，通常费用为股票价值的1%～2%。

表9-1 一个典型折扣经纪人的佣金报价

交易规模	佣金
<2 500美元	20美元+交易规模的2%
2 500～10 000美元	45美元+交易规模的1%
>10 000美元	120美元+交易规模的0.25%

注：最大佣金计算如下：对于前5份合约，每份佣金30美元，在超出前5份合约之上的每一份合约，每份佣金为20美元；最小佣金计算如下：对于第1份合约，每份佣金30美元，在之后的每一份合约，每份佣金为20美元。

考虑某投资者买入了一个行使价格为50美元的看涨期权，股票价为49美元。假定期权价格为4.5美元，买入期权的总费用为450美元。按表9-1的价格计算，买入或卖出一份期权合约的费用为30美元(最大佣金及最小佣金对于第1份期权合约的费用均为30美元)。假定股票价格上涨，期权被行使，行使期权时的股票价格为60美元。假定投资者投资股票需付1.5%的佣金，那么在期权被行使时，佣金数量为

$$0.015\times 60\times 100=90\text{ 美元}$$

因此，所付佣金的总额为120美元，投资者的净盈利为

$$1\,000-450-120=430\text{ 美元}$$

注意，以10美元价格卖出期权会给投资者节省60美元的佣金(在本例中，卖出期权的佣金仅为30美元)。一般来讲，佣金系统会让投资者更有利于卖出期权而不是行使期权。

期权交易(股票交易亦然)中的一个隐含费用为买卖的差价。假定在我们以上考虑的实例中，期权买入价为4美元，而卖出价为4.5美元，我们有理由假定期权的合理价格(fair price)为4.25美元。对期权卖方和买方而言，市场做市系统的费用为合理价格与付出价格之差，即每单位期权为0.25美元，也就是每份期权为25美元。

9.7 保证金

在美国购买股票时，投资者可以支付现金，也可以通过利用在保证金账户借入资金来买入股票(这种做法被称为**以保证金购买**(buying on margin)。初始保证金通常是股票价值的50%，维持保证金通常为股票价值的25%。这里保证金账户的运作与期货合约中保证金运作类似(见第2章)。[⊖]

⊖ 不同的一点在于，当有保证金催付时，投资者只要求支付达到维持保证金，而不是初始保证金。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

当购买期限小于9个月的看涨期权和看跌期权时，投资者必须付清全部费用，这时投资者不能用保证金方式来购买期权，因为这些期权已具有很高的杠杆效应。以保证金方式买入期权会将杠杆效应提高到不可接受的水平。对于期限长于9个月的期权，投资者可以至多借入期权价格的25%的资金以保证金购买的形式买入期权。

当投资者卖出期权时，必须在保证金账户中保持一定的资金。投资者经纪人及交易所需要确保当期权被行使时，期权的承约人不会违约。就像我们讨论的那样，保证金的数额与投资者头寸有关。

9.7.1 出售裸露期权

裸露期权(naked option)是指期权不与对冲该期权头寸风险的标的资产并用。卖出裸露看涨期权的初始保证金是以下两者的较大值：

1. 变卖期权所得金额的100%，加上20%的标的股票的价值，减去(如果存在)期权的虚值数量；
2. 变卖期权所得金额的100%，加上10%标的股票的价值。

卖出裸露看跌期权，初始保证金为以下两者的较大值：

1. 变卖期权所得金额的100%，加上20%的标的股票的价值，减去(如果存在)期权的虚值数量；
2. 变卖期权所得金额的100%，加上10%的期权行使价格。

例9-5是对以上计算的说明，计算中的20%被15%代替，因为股指比单一股票的波动率要小。

类似于初始保证金的计算(但用当前市场价取代销售价)每天都会进行。当计算显示当前保证金账户内的资金多于要求时，多余的资金可以取出。反之，保证金催付就会出现。

【例9-5】 裸露看涨期权的保证金计算

某投资者卖出了4个裸露看涨期权，期权费用为5美元，期权行使价格为40美元，股票当前价格为38美元，因为期权的虚值数量为2美元，计算保证金第1步为

$$400\times(5+0.2\times38-2)=4\ 240 \text{ 美元}$$

第2步为

$$400\times(5+0.1\times38)=3\ 520$$

因此，初始保证金要求为4 240美元。假定这里的期权为看跌期权，期权的实值数量为2美元，因此最初保证金数量为

$$400\times(5+0.2\times38)=5\ 040 \text{ 美元}$$

对于看跌及看涨两种情形，最初的收费(即2 000美元)均可用于满足保证金的要求。

9.7.2 其他规则

在第11章，我们将讨论期权交易策略。例如，持保看涨期权(covered call)、保护性看跌期权(protective put)、溢差(spread)、组合(combination)、跨式期权(straddle)及异价跨式期权(strangle)。CBOE对这些交易保证金要求有特殊的规则，这些规则在《CBOE保证金手册》中有所阐明，这一手册可在CBOE网页上(www.cboe.com)下载。

考虑以下实例，某投资者卖出了一持保看涨期权，投资者可能是在已经拥有股票后才对期权进行承约，拥有的股票可以用于交付。持保看涨期权比裸露看涨期权风险要小得多，这是因为最差情形莫过于投资者以低于市场价格卖出自身已拥有的股票。对于持保看涨期权策略，交易所不需要任

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

何保证金。但投资者对于股票头寸最多可以借入资金的数量为0.5min（S，K），而非0.5S。

9.8 期权清算公司

期权市场中，期权清算公司的职能与期货市场中的清算中心的职能很相似(见第2章)，其职能是确保出售期权的一方按照期权合约的规定履行义务，同时清算公司也要记录长头寸方及短头寸方的状况。期权清算中心拥有一定数量的会员，所有的期权交易必须通过其会员进行结清。如果经纪人公司本身并不是清算公司的会员，那么该经纪人必须通过期权清算公司的会员来结清交易。会员必须满足资本金的最低限额要求，而且必须提供特殊资金。当有任一会员对其义务违约时，这一特殊资金会被起用。

在购买期权时，期权购买者必须在下一个交易日的清晨支付全部期权费，这些资金会被存入期权清算公司。如上所述，期权的出售方必须在经纪人那里开设保证金账户，同时，经纪人在负责结算其交易的清算公司的会员那里开设一个保证金账户。前一节描述的保证金要求也就是清算公司对于其成员的保证金要求。经纪人公司也许对客户有更高的保证金要求，但是不能降低其所要求的保证金数量。

期权的行使

为了行使期权，投资者必须通知其经纪人，经纪人随后通知在期权清算公司负责结算交易的会员，该会员随后向期权清算公司发出执行期权指令。之后，期权清算公司会随机选择某持有相同期权的短头寸方的会员。短头寸方的会员按事先约定的程序，选择出售该期权的投资者。如果期权是看涨期权，那么出售期权的投资者必须按行使价格出售股票；如果期权是看跌期权，则必须按行使价格购买股票。这里的投资者被称为被指定(assigned)。当期权被行使后，期权的未平仓数量减1。

在期权到期日，除非交易成本太高以至于抵消收益的情况下，所有的实值期权都应该被执行。如果在到期日执行期权对客户有利，某些经纪人公司会替客户自动执行期权。许多交易所也制定了到期日期权为实值状态时的期权行使规则。

9.9 监管规则

期权市场受不同形式的监管，交易所和其清算公司都设定了监管其交易员行为的规则。另外，对于期权市场还存在州和联邦的监管实体。总体来说，期权市场展示了某种自律。到目前为止，期权清算公司还没有出现大的会员丑闻或违约事件。投资者对于期权市场的运作有很强的信心。

美国证券交易委员会是在联邦层次上负责监管股票、股指、外汇及债券期权市场的组织。商品期货交易委员会负责监管期货期权市场。美国最大的期权市场在伊利诺伊州和纽约州，这些州也积极制定法律来遏制违规交易行为。

9.10 税收

关于期权策略的税收规定比较复杂，因此对于税收规则有疑问的投资者应尽量咨询税务专家。在美国，一般规则是(除非应税人为专业交易员)：股票期权交易的资本收益与损益要被征税。对于股票期权持有方及承约方而言，当期权到期而没有行使或期权已经被出售平仓时，由行使期权导致期权被认为带来了损益。期权被行使后的收益或损失会被加入到股票之中，损益会在

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

卖出股票时被确定。例如，当一个看涨期权被行使时，期权的长头寸方购买股票的费用为行使价格加上期权价格，因此，这些费用会被作为计算这一方出售股票时计算盈亏的基础。类似地，期权的短头寸方被设定以行使价格和看涨期权的价格出售股票。当一个看跌期权被行使时，期权的卖出方必须以行使价格减去原始看跌期权价格来买入股票，同时期权的买入方必须以行使价格减去最初看跌期权价格来卖出股票。

9.10.1 虚售规则

在美国期权交易中，有一个税务规则被称为**虚售规则**(wash sale rule)。为了理解这一规则，假设一个投资者在股票价格为 60 美元时买入股票并打算长期持有这一股票。如果股票下跌到 40 美元，该投资者也许会出售股票，然后马上将股票购回。从税务角度而言，投资者有 20 美元的损失。为了防止这一情况的发生，税务当局规定，在售出股票前后 30 天内(即介于售出股票的前 30 天和售出股票后的 30 天)，出售股票产生的损失不能在税款中扣除。这一规定对投资者买入期权或以其他形式获取股票的情形同样适用，而这时限定时间长度为 61 天。因此，在买入看涨期权同时以亏损形式卖出股票的前后 30 天的损失不允许在税款中扣除。对于股票和债券交易商而言，其损失在正常业务中常常发生，虚售规则不适用。

9.10.2 建设性销售

在 1997 年之前，美国的纳税人如果卖空某债券，并同时持有一个基本与卖空债券一样的债券，此时在卖空交易平仓之前的损益不能被(从税务的角度)接受。这意味着卖空交易可被用来延迟纳税的收益。以上情形在 1997《税务减轻法案》(Tax Relief Act)通过后有所改变。一笔增值的财产在财产拥有人做出以下投资举动时可被划分为“建设性销售”(constructive sale)：

- 进入相同或几乎相同的财产的卖空交易；
- 进入期货或远期合约，在合约中投资者会交付相同或几乎相同的财产；
- 进入一个或多个交易，这些交易几乎消除损失和盈利机会。

应该指出，只是减轻损失或只是消除盈利机会的交易不能被划为建设性销售。因此，一个持有某股票的投资者可以在不触发建设性销售的情况下，买入实值看跌期权。

纳税人可以利用期权来对税收费用进行极小化或对税收收益进行最大化(见业界实例 9-2)。许多地区的税务机构纷纷遏制那些只是为了避税而使用衍生产品的行为。在进入一个以避税为动机的交易之前，企业资金部主管或个人投资者应该仔细考虑税法变动时，交易结构将如何被平仓，以及平仓交易会带来什么样的成本。

业界实例 9-2　使用期权的税收计划

作为一个简单说明使用期权税务的实例，我们假定 A 国的税收制度对利息和股息征税较低，但对资产增值征税较高；B 国的税收制度对利息和股息征税较高，但对资产增值征税较低。对于公司来说，在 A 国得到利息收入，而在 B 国得到资产增值(如果增值存在的话)会比较合算，公司会将资产的亏损尽量保留在 A 国，因为这些损失可以用于冲销在 A 国的资产增值。以上计划可以通过下列形式实现：在 A 国成立分公司并同时以法律形式拥有证券，在 B 国成立分公司并买入 A 国分公司承约的看涨期权，期权的行使价格等于证券的当前价格。在期权有效期内，证券的收入由 A 国公司获得，如果证券价格迅速上涨，期权会被行使而资产增值在 B 国实现；如果证券价格迅速下降，期权不会被行使，资产损失仍然会在 A 国实现。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

9.11 认股权证、雇员股票期权和可转换证券

认股权证(warrants)是由金融机构或非金融企业发行的期权。例如，某金融机构可以对100万盎司的黄金发行认股看跌权证并同时建立权证市场。为了行使权证，持有人必须同金融机构取得联系。一个非金融企业使用权证的通常方式是在债券刚刚发行的时候。公司可能向投资者发行自身股票的权证，同时为了吸引投资者的注意力，将这些权证依附于公司发行的债券之中。

雇员股票期权(employee stock option)是公司雇主发给公司高管的看涨期权，这样做的目的是保证高管的管理动机与股东利益一致(见第14章)。这些期权在许多国家已被计为费用，这使得将这一产品作为报酬已变得越来越不合算。

可转换债券(convertible bond)常常被简称为**可转换**(convertible)，这是由公司发行的并在将来以某确定比例转换为股票的债券。这些产品是含有对公司股票看涨期权的债券。

认股权证、雇员股票期权和可转换债券的一个特性是期权发行数量在事先已确定。与这一特性相对应，交易所交易期权的数量并不能事先确定。当有更多的人交易某个期权时，市场上期权数量(即未平仓数量)也会随之增加。公司发行的股票认股权证、雇员股票期权以及可转换证券与交易所交易的期权还有一个很重要的区别，那就是当这些期权被行使时，公司要发行更多的股票并以行使价格卖给期权的持有人。执行这些期权会导致公司股票数量的增加。与这一点相反，当交易所期权被行使时，期权的短头寸方在市场买入已发行股票并以行使价格卖给期权的长头寸方。发行股票的公司不需要介入交易过程。

9.12 场外市场

本章的大部分内容是关于交易所期权市场。自20世纪80年代初，场外期权市场已经变得十分重要，现在这一市场规模已经超过交易所交易市场。如第1章所述，金融机构、企业资金部主管和基金经理通过电话在场外市场进行交易。期权交易的标的产品范围很广。场外市场的外汇和利率期权十分流行。场外市场的一个最大缺点是期权的承约方可能会违约，这意味着期权买入方会承担信用风险。为了克服这些缺点，市场参与者采用了许多方式，例如，注入抵押保证金来降低这一风险等。

场外市场之所以产生，原因是金融机构能准确地满足客户的需求。场外市场产品的到期日、行使价格、合约的规模与交易所交易的产品的特性不同。在某些情形下，期权结构不同于标准的看涨和看跌期权，这些产品被称为**特种期权**(exotic option)，第22章将描述几种不同的特种期权。

小　结

期权两分为两类：看涨期权和看跌期权。看涨期权的持有者有权在将来某时刻以指定价格买入标的资产，看跌期权的持有者有权在将来某时刻以指定价格卖出标的资产。市场上有4种期权交易策略：看涨期权长头寸、看涨期权短头寸、看跌期权长头寸、看跌期权短头寸。进入期权的短头寸也被称为对期权承约。期权市场的标的资产包括股票、股指、外汇、期货和其他资产。

交易所必须阐明交易期权合约的条款，特别是期权的规模、到期日的准确时刻及行使价格等。在美国，股票期权给持有人买入或卖出100股股票的权利，股票期权的到期时刻为到期月第3个星期五之后的星期六美国中部时间晚上10点59分。在任意时刻，有几个具有不同到期月的期权在进行交易。行使价格的区间间隔为2.5美元、5美元和10美元，具体的选择与股票价格有

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

关。在期权刚刚开始交易时，行使价格与当前股票价格十分接近。

股票期权合约的条款通常对现金股息不做调整，但对股票股息、股票拆股及优先权证要进行调整，调整的目的是使得承约方及买入方的头寸整体保持不变。

大多数期权交易所采用做市商机制。做市商同时报出买入价(即做市商以此价买入资产)和卖出价(即做市商以此价卖出资产)。做市商的存在提高了市场的流动性，并同时确保市场订单没有被延迟执行。做市商从买入卖出价格差(被称之为买卖差价)中盈利。交易所会阐明买卖差价的上限。

期权的承约方有潜在的责任，因此市场要求他们在经纪人那里保持一定的保证金。如果经纪人不是期权清算公司的成员，就必须在期权清算公司的某个会员那里开设一个保证金账户，期权清算公司会员与期权清算公司建立一个保证金账户。期权清算公司负责记录所有流通的期权合约，并处理行使指令等。

并不是所有的期权都在交易所交易，许多期权是通过电话在场外市场进行交易的。场外市场的一个优点是可以满足某个企业资金部主管及基金经理的要求。为了做到这一点，金融机构必须对产品进行特殊设计。

推荐阅读

Arzac, E. R. "PERCs, DECs, and Other Mandatory Convertibles," *Journal of Applied Corporate Finance*, 10, 1 (1997): 54–63.

McMillan, L. G. *McMillan on Options*, 2nd edn. Hoboken, NJ: Wiley, 2004.

测验题

9.1 某投资者以 3 美元的价格买入欧式看跌期权，股票价格为 42 美元，行使价格为 40 美元，在什么情况下投资者会盈利？在什么情况下期权会被行使？请画出在到期时投资者盈利与股票价格的关系图。

9.2 某投资者以 4 美元的价格卖出欧式看涨期权，股票价格为 47 美元，行使价格为 50 美元，在什么情况下投资者会盈利？在什么情况下期权会被行使？请画出在到期时投资者盈利与股票价格的关系图。

9.3 某投资者卖出一欧式看涨期权同时买入一欧式看跌期权，看涨和看跌期权的行使价格均为 K，到期日均为 T，请描述投资者的头寸。

9.4 请解释经纪人为什么向期权的承约方而不是买方收取保证金。

9.5 一股票期权的循环周期为 2 月份、5 月份、8 月份及 11 月份，在以下几个日期有哪种期权在进行交易：4 月 1 日和 5 月 30 日。

9.6 某公司宣布 2 比 1 进行拆股，请解释行使价格为 60 美元的看涨期权条款会如何变化。

9.7 “雇员股票期权与正规的交易所交易期权是不同的，因为它改变了公司的资本结构。”请解释以上观点。

练习题

9.8 某企业资金部主管计划采用外汇期权对冲外汇风险。请列举以下两种交易市场的优缺点：纳斯达克市场；场外交易市场。

9.9 假定某欧式看涨期权的价格为 5 美元，该期权持有人有权以 100 美元的价格买入股票，假定这一期权一直被持有至到期日。在什么情形下期权持有人会有盈利？在什么情形下期权会被行使？画出期权到期时期权长头寸

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

的价格与股票价格的关系。

9.10 假定某欧式看跌期权的价格为8美元，该期权持有人有权以60美元的价格卖出股票。在什么情况下期权持有人会盈利？在什么情形下期权会被行使？请画出在期权到期时期权的短头寸的收益与股票价格的关系。

9.11 描述以下交易组合的最终价值：一个刚刚进入的某资产远期合约及对于同一资产的欧式看跌期权的短头寸。这一看跌期权的期限与远期合约的期限相同，期权的行使价格等于交易组合刚刚设定时资产的远期价格。证明欧式看跌期权的价格与具有相同期限和相同行使价格看涨期权的价格相等。

9.12 某交易员买入一看涨期权和看跌期权，看涨期权的行使价格为45美元，看跌期权的行使价格为40美元，两个期权具有相同的期限，看涨期权价格为3美元，看跌期权价格为4美元，请画出交易员盈利与资产价格的关系图。

9.13 请解释为什么一个美式期权的价格不会小于一个具有同样期限及行使价格的欧式期权的价格。

9.14 请解释为什么一个美式期权的价格至少为其内涵价格？

9.15 请仔细解释卖出看跌期权与买入看涨期权的区别。

9.16 某企业资金部主管试图采用期权或远期合约来对冲公司的外汇风险，请说明两种办法的优缺点。

9.17 考虑交易所交易的一个看涨期权，期权期限为4个月，行使价格为40美元，这一期权给期权持有人买入500股的权利。请说明在以下情况下期权合约条款的变化：

(a)10%的股票股息；

(b)10%的现金股息；

(c)4比1拆股。

9.18 “如果一种股票看涨期权大多为实值型，就说明股票价格在最近几个月会上升得很快。”请对这句话做一评论。

9.19 一种预期的现金股息对以下期权的影响是什么？

(a)看涨期权；

(b)看跌期权。

9.20 通用汽车公司股票期权期限的周期为3月份、6月份、9月份和12月份。在以下日期都有什么样的股票在进行交易？

(a)3月1日；(b) 6月30日；(c)8月5日

9.21 请解释为什么做市商的买入卖出差价代表了期权投资者的实际费用。

9.22 在美国，某投资者出售了5个裸露看涨期权，期权价格为3.5美元，行使价格为60美元，股票价格为57美元，初始保证金为多少？

作业题

9.23 股票价格为40美元，关于该股票的一个一年期看跌期权的行使价格为30美元，期权价格为7美元；关于该股票的一个一年期看涨期权的行使价格为50美元，期权价格为5美元。假如投资者买入了100股股票，卖出了100份看涨期权，买入了100股看跌期权。画出图形来显示在1年时投资者的盈利与股票价格的关系。当投资者买入100股股票，卖出200份看涨期权并且买入200股看跌期权，你的答案会有什么变化？

9.24 “某公司经营不比其竞争对手好，但其股票价格仍在上涨，公司高管在雇员股票期权中会得到很多好处，这种现象实在是不合理。”请讨论这一观点。为了解决这一问题，请对常规的雇员股票期权进行修改。

9.25 采用DerivaGem来计算一个无股息股票的美式看跌期权的价格，股票价格为30美元，行使价格为32美元，无风险利率为5%，波动率为30%，期权期限为1.5年(选择二叉树美式期权模型，二叉树的步数为50步)。

(a)期权的内涵价值是什么？

(b)期权的时间价值是什么？

(c)时间价值为0是什么含义？时间价值为0的期权价值是什么？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

(d) 采用试错法(trial and error)，计算使得期权时间价格刚好为 0 的股票价格。

9.26 在 2004 年 7 月 20 日，微软公司宣布了分配 3 美元股息的消息，这一消息令市场震惊。股票除息日为 2004 年 11 月 7 日，股息支付日为 2004 年 12 月 2 日。当时微软股票价格为 28 美元，雇员股票期权的条款也进行了调整，每一份期权的行使价格下调到

$$股息前行使价格 \times \frac{收盘价 - 3.0}{收盘价}$$

每份期权所能购买的股票数量被调至

$$股息前购买数量 \times \frac{收盘价}{收盘价 - 3.0}$$

这里的收盘价是指微软在纳斯达克的普通股股票在除息日的最后一个交易日的收盘价。请评价这些调整，并将这些调整与交易所对于大额股息的调整系统进行比较(见业界实例 9-1)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 10

第 10 章

股票期权的性质

在本章，我们将讨论影响股票期权的因素。我们采用一些不同形式的套利来推导欧式期权价格、美式期权价格与标的资产价格之间的关系式，其中最重要的关系式为欧式看涨期权价格、看跌期权价格以及标的股票之间的**看跌－看涨期权平价关系式**(put-call parity)。

本章将检验美式期权是否应提前行使，我们可以证明提前行使无股息的美式看涨期权绝不是最佳选择，但是在一定条件下，提前行使美式看跌期权则是最佳选择。在有股息的情况下，提前行使看涨和看跌期权可能是最优的。

10.1 影响期权价格的因素

有 6 种因素会影响股票期权的价格：

- 当前股票价格，S_0；
- 行使价格，K；
- 期权期限，T；
- 股票价格的波动率，σ；
- 无风险利率，r；
- 期权期限内预期发放的股息。

在本节，我们将考虑以上某因素发生变化而其他因素保持不变的条件下，对于期权价格的影响。表 10-1 对此做了总结。

图 10-1 和图 10-2 显示了期权价格与以上前 5 种因素之间的关系，表中采用的参数为：$S_0=50$，$K=50$，$r=5\%$（年率），$\sigma=30\%$（年率），$T=1$（以年为计量），并且假定股票无股息。此时看涨期权价格为 7.116，看跌期权价格为 4.677。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表 10-1 一个变量增加而其他变量保持不变时，对股票期权价格的影响

变量	欧式看涨期权	欧式看跌期权	美式看涨期权	美式看跌期权
当前股票价格	+	−	+	−
行使价格	−	+	−	+
期限	?	?	+	+
波动率	+	+	+	+
无风险利率	+	−	+	−
股息	−	+	−	+

注：+代表变量增加，期权价格增加；−代表变量增加，期权价格减少；? 代表变量增加，期权价格不定。

10.1.1 股票价格及行使价格

如果看涨期权在将来某一时刻行使，期权收益等于股票价格与行使价格的差额。因此，随着股票价格的上升，看涨期权价格会有所上升；随着行使价格的上升，看涨期权价格会有所降低。看跌期权的收益等于行使价格与股票价格的差额。因此，看跌期权的价格走向刚好与看涨期权相反，即随着股票价格的上升，看跌期权价格有所降低；随着行使价格的上升，看跌期权价格有所上升。图 10-1 中的 a 至 d 显示了看跌看涨期权的价格与标的股票价格和行使价格之间的关系。

10.1.2 期权期限

接下来考虑期限对期权价格的影响。当期限有所增加时，（美式）看涨期权及看跌期权价格都会有所上升（至少价格不会降低）。考虑两个美式看涨期权，这两个期权只是期限不同，期限较长的期权的可行使机会包含了期限较短的期权的全部行使期权机会。因此，长期限期权的价格总不会低于短期限期权的价格。

通常来讲，随着期限的增加，欧式看跌期权和欧式看涨期权的价值会有所增加。这一结论并非绝对。考虑两个关于同一股票的欧式看涨期权，一个期权的到期日在一个月后，另一个期权的到期日在 2 个月后，假定在 6 个星期后股票支付一笔大额股息，这会使得期权价格下降。因此，短期限期权价格可能会超过长期限期权价格。[⊖]

10.1.3 波动率

在第 13 章，我们对波动率给出了准确定义。粗略地讲，股票价格的**波动率**（volatility）是用于衡量未来股票价格变动的不确定性。当波动率有所增大时，股票上升到一定程度或下降到一定程度的机会将会有所增大。对于股票持有者而言，这两个变动将互相抵消，但对于期权持有者而言，情况会有所不同。看涨期权的持有者可以从股票上升中获利，但当股票下跌时，期权持有者的最大损失只是期权费用，因此，期权持有者的损失有限。类似地，看跌期权持有者可以从价格下跌中获利，同时损失也会有限。因此随着波动率的增加，看涨期权及看跌期权价格都会增加（见图 10-2a 和图 10-2b）。

10.1.4 无风险利率

无风险利率对期权价格的影响并不是那么一目了然。当整个经济环境的利率有所增加时，投资者所要求的股票预期收益也有所增加。同时，期权持有者将来所收到现金流的贴现值会有所降低。以上两种效应的合成效应是：看涨期权价格有所上升，看跌期权价格有所降低（见图 10-2c 和图 10-2d）。

⊖ 我们假设当期权期限改变时，标的股票的股息以及支付股息的时间保持不变。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

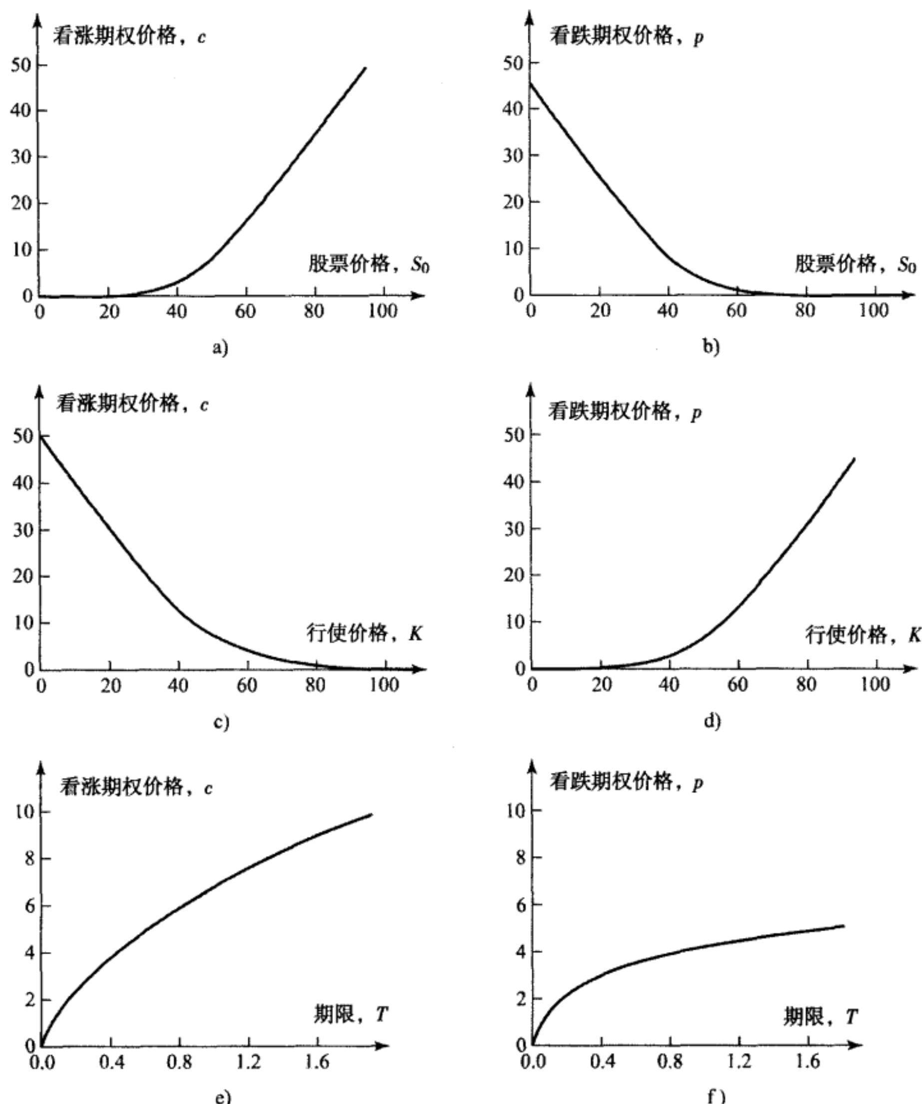


图 10-1 股票价格、行使价格以及期限的变化对于期权价格的影响

注：$S_0=50$，$K=50$，$r=5\%$，$\sigma=30\%$ 及 $T=1$。

应该强调，在表 10-1 中我们假定利率增加，其他变量的值不变。特别是，当利率上升(下降)时，股票价格保持不变。在实践中，当利率有所上升(下降)时，股票价格往往会下降(上升)。利率上升与随之而来的股票价格下降的净效应可能是：看涨期权价格有所下降，看跌期权价格有所上升。类似地，利率下降与随之而来的股票价格上升的净效应可能是：看涨期权价格有所上升；看跌期权价格有所下降。

10.1.5 股息

在股票除息日，股息将使得股票价格降低。对于看涨期权，这是一个坏消息；对于看跌期权，这是一个好消息。因此，看涨期权价值与预期股息的大小成反向关系；看跌期权的价值与预期股息的大小成正向关系。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

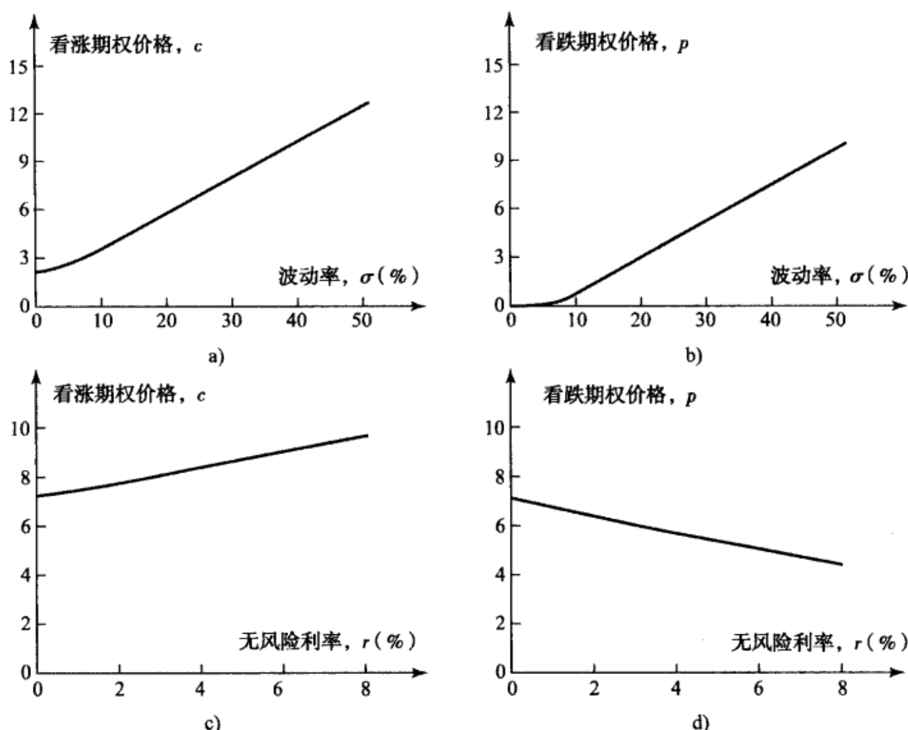


图 10-2 股票波动率、无风险利率的变化对于期权价格的影响

注：$S_0=50$，$K=50$，$r=5\%$，$\sigma=30\%$ 及 $T=1$。

10.2 假设及符号

在本章，我们采用的假设与第 5 章推导远期和期货的价格时所采用的假设相似。我们假定市场存在一些参与者，比如一些大型投资银行，这使得以下假设成立：

- 没有交易费用；
- 所有交易盈利(减去交易损失)的税率相同；
- 投资者可以按无风险利率借入及借出资金。

我们假定一旦出现套利机会，市场参与者马上会利用这些套利机会。正如第 1 章和第 5 章所述，任何套利机会都会很快消失。因此，为了分析问题起见，我们可以合理地假定在市场上不存在套利机会。

我们将采用以下符号：

S_0——股票的当前价格；

K——期权的行使价格；

T——期权的期限；

S_T——T 时刻股票的价格；

r——T 时刻的无风险投资收益率，即无风险利率(连续复利)；

C——买入一股股票的美式看涨期权的价格；

P——卖出一股股票的美式看跌期权的价格；

c——买入一股股票的欧式看涨期权的价格；

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

p——卖出一股股票的欧式看跌期权的价格。

应该注意 r 为名义利率，而非实际利率。我们可以假定 $r>0$，否则无风险投资的收益不比持有现金更好(事实上，如果 $r<0$，持有现金比无风险投资更好)。

10.3 期权价格的上限与下限

在本节，我们将推导出期权价格的上下限。这里的上下限与10.1节中的假设均无关($r>0$ 除外)。如果期权价格大于上限或者小于下限，则会出现套利机会。

10.3.1 上限

美式看涨期权或欧式看涨期权的持有者有权以某指定价格买入一股股票。因为无论发行了什么情况，期权的价格总不会超出股票价格。因此，股票价格是期权价格的上限，即

$$c \leqslant S_0 \text{ 及 } C \leqslant S_0 \tag{10-1}$$

如果以上不等式不成立，那么套利者就可以购买股票，并同时出售期权，从中获取无风险收益。

美式看跌期权或欧式看跌期权的持有者有权以 K 美元的价格卖出一股股票。无论股票价格变得多么低，期权的价格都不会高于行使价格，即

$$P \leqslant K \tag{10-2}$$

对于欧式期权，我们知道在 T 时刻，期权的价格不会超出 K。因此，当前期权的价格不会超过 K 的贴现值，即

$$p \leqslant Ke^{-rT} \tag{10-3}$$

如果以上不等式不成立，那么套利者就可以卖出一个期权，同时将卖出期权所得费用以无风险利率进行投资，从而可以获取无风险收益。

10.3.2 无股息股票看涨期权的下限

对于不支付任何股息的股票，其欧式看涨期权的下限为

$$S_0 - Ke^{-rT}$$

在正式讨论以上结论之前，我们首先给出一个数值实例。

在例10-1中，$S_0=20$ 美元，$K=18$ 美元，$r=10\%$(年率)，$T=1$ 年，因此

$$S_0 - Ke^{-rT} = 20 - 18e^{-0.1} = 3.71$$

即3.71美元。假设欧式看涨期权价格为3美元，该价格小于理论下限3.71美元。该套利者可以卖空股票同时买入看涨期权，交易的现金流为 $20-3=17$ 美元。如果将17美元以年率10%的利率投资一年，17美元将变为 $17e^{0.01}=18.79$ 美元。在这一年的年末，如果股票价格高于18美元，套利者行使期权，即以18美元价格买入股票，随即以买入的股票对卖空交易进行平仓，投资者的盈利为

$$18.79-18=0.79 \text{ 美元}$$

如果股票价格小于18美元，套利者可以在市场上买入股票并对卖空交易进行平仓。这时套利者盈利会更多。例如，如果股票价格为17美元，套利者的盈利为 $18.79-17=1.79$ 美元。

【例10-1】 看涨期权价格过低的情形

一个欧式看涨期权的行使价格为18美元，标的资产为某一无股息股票，期权价格为3美元。股票价格为20美元，无风险利率为年率10%。期权的期限为1年。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

当前交易

- 以 3 美元价格买入期权；
- 卖空股票，收入 20 美元；
- 将 17 美元进行投资。

一年后的交易

如果 $S_T > 18$：
- 行使期权并以 18 美元卖买入股票；
- 以买入股票来对卖空交易进行平仓；
- 投资收入为 18.79 美元；
- 净收益为 0.79 美元。

如果 $S_T < 18$：
- 以 S_T 价格买入股票；
- 以买入的股票来对卖空交易进行平仓；
- 投资收入为 18.79 美元；
- 净收益为 $18.79 - S_T$（>0.79 美元）。

为了展开正式讨论，考虑以下两个交易组合：
- 组合 A：一个欧式看涨期权加上一个在 T 时刻期满并支付 K 美元的零息债券；
- 组合 B：一股股票。

在组合 A 中，零息债券在 T 时刻价值为 K。如果 $S_T > K$，在 T 时刻投资者行使看涨期权，组合 A 价值为 S_T。如果 $S_T < K$，期权到期时价值为 0，这时组合 A 的价值为 K。因此在 T 时刻，组合 A 的价值为

$$\max(S_T, K)$$

组合 B 在 T 时刻的价值为 S_T。因此，在 T 时刻，组合 A 的价值总不会低于组合 B 的价值。因此，在无套利的条件下，零息债券的贴现值为 Ke^{-rT}，所以我们有

$$c + Ke^{-rT} \geqslant S_0$$

即

$$c \geqslant S_0 - Ke^{-rT}$$

对于一个看涨期权而言，最差的情况是期权到期时价值为 0。因此，期权价值不能为负值，即 $c \geqslant 0$。因此

$$c \geqslant \max(S_0 - Ke^{-rT}, 0) \tag{10-4}$$

例 10-2 是以上公式的应用。

【例 10-2】 看涨期权的下限

考虑一个无股息的股票的欧式看涨期权，假定股票价格为 51 美元，期权行使价格为 50 美元，期权期限为 6 个月，无风险利率为年率 12%。在本例中，$S_0 = 51$，$K = 50$，$T = 0.5$ 及 $r = 0.12$。由式（10-4）得出，期权的下限为 $S_0 - Ke^{-rT}$，即

$$51 - 50e^{-0.12 \times 0.5} = 3.91 \text{ 美元。}$$

10.3.3 无股息股票看跌期权的下限

对于一个无股息股票的欧式看跌期权，期权价格下限为

$$Ke^{-rT} - S_0$$

接下来仍先给出一个数值实例，然后再进行正式讨论。在例 10-3 中，$S_0 = 37$ 美元，$K = 40$ 美元，$r = 5\%$（年率），$T = 0.5$ 年，在这种情形下：

$$Ke^{-rT} - S_0 = 40e^{-0.05 \times 0.5} - 37 = 2.01 \text{ 美元}$$

欧式期权价格为 1 美元，这一个价格小于理论下限值，即 2.01 美元。套利者可借入 38 美元，借款期限为 6 个月，同时买入看跌期权和股票。在 6 个月结束时，套利者需支付 $38e^{0.05 \times 0.5} =$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

38.96美元。如果股票价格低于40美元，套利者执行期权，即以40美元价格卖出股票，偿还贷款，套利者获利为

$$40-38.96=1.04 \text{ 美元}$$

如果股票价格高于40美元，假定为42美元。套利者放弃期权，卖出股票，偿还贷款，并获得更高利润，即

$$42-38.96=3.04 \text{ 美元}$$

【例10-3】 看跌期权价格过低的情形

一个欧式看跌期权的行使价格为40美元，标的资产为某无股息股票，期权价格为1美元。股票价格为37美元，无风险利率为年率5%，期权的期限为6个月。

当前交易

- 借入38美元，期限为6个月；
- 以1美元价格买入期权；
- 以37美元价格买入股票。

6个月后的交易

如果 $S_T<40$：

- 行使期权并以40美元卖出股票；
- 偿还38.96美元的贷款；
- 净收益为1.04美元。

如果 $S_T>40$：

- 以 S_T 价格卖出股票；
- 偿还38.96美元的贷款；
- 净收益为 $S_T-38.96$（>1.04美元）。

为了给出一个正式的讨论，考虑以下两个组合：

- 组合C：一个欧式看跌期权加上一股股票；
- 组合 D：金额为 Ke^{-rT} 的现金（等价于在 T 时刻支付 K 美元的零息债券）。

如果 $S_T<K$，在到期时组合C的期权会被执行，组合C的价值变为 K；如果 $S_T>K$，在到期时，期权价值为0，C 的价值为 S_T，因此在 T 时刻组合C的价值为

$$\max(S_T,K)$$

将现金以无风险利率进行投资，在 T 时刻组合 D 的价值为 K。因此在 T 时刻组合C的价值总是不低于组合 D 的价值，有时组合C的价值甚至会高于组合 D 的价值。在无套利条件下，当期组合C的价值会高于当期组合 D 的价值

$$p+S_0\geqslant Ke^{-rT}$$

即

$$p\geqslant Ke^{-rT}-S_0$$

对于一个看跌期权而言，最差的情况是期权到期时价值为0，期权价值不能为负值，因此

$$p\geqslant \max(Ke^{-rT}-S_0,0) \tag{10-5}$$

例10-4是以上公式的应用。

【例10-4】 看跌期权的下限

考虑一个无股息股票的欧式看跌期权，假定股票价格为38美元，期权行使价格为40美元，期权期限为6个月，无风险利率为年率10%。在本例中，$S_0=38$，$K=40$，$T=0.25$ 及 $r=0.10$。由不等式(10-5)得出，期权的下限为 $Ke^{-rT}-S_0$，即

$$40e^{-0.1\times0.25}-38=1.01 \text{ 美元}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

10.4 看跌 – 看涨平价关系式

我们现在要推出欧式期权和美式期权之间的一个重要关系式。这里假设看涨和看跌期权有相同的行使价格及期限。考虑以下两个在前面已经采用过的组合：

- 组合 A：一个欧式看涨期权加上一个在 T 时刻支付 K 美元的零息债券；
- 组合 C：一个欧式看跌期权加上一股股票。

如前面所讨论的，零息债券的组合 A 在 T 时刻价值为 K。如果股票价格 S_T 在 T 时刻高于 K，那么看涨期权会被行使，这种情况下，组合 A 的价值为 $(S_T-K)+K=S_T$。如果 S_T 小于 K，那么看涨期权就一文不值，而组合 A 的价值在 T 时刻为 K。

在 T 时刻，组合 C 的股票价格为 S_T，如果 S_T 在 T 时刻小于 K，那么看跌期权会被行使，这种情况下，组合 C 在 T 时刻的价值为 $(K-S_T)+S_T=K$。如果 S_T 大于 K，那么看跌期权就一文不值，而组合 C 的价值在 T 时刻为 S_T。

表 10-2 总结了以上的讨论。如果 $S_T>K$，两个组合在 T 时刻的价值都为 S_T；如果 $S_T<K$，两个组合在 T 时刻的价值都等于 K。也就是说，在到期时价值均为

$$\max(S_T, K)$$

由于组合 A 和组合 C 中的期权均为欧式期权，在到期日之前均不能行使，并且组合 A 和组合 C 在到期日有相同的价值，因此组合 A 和组合 C 在今天必须有同等的价值。如果不是这样，套利者可以在今天买入价低的组合同时卖出价高的组合。因为这两个组合在 T 时刻的价值相互抵消，因此这样的交易策略就锁定了盈利，盈利的具体数量为两个组合现价之差。

表 10-2 组合 A 和组合 C 在 T 时刻的价值

		$S_T>K$	$S_T<K$
组合 A	看涨期权	S_T-K	0
	零息债券	K	K
	合计	S_T	K
组合 B	看跌期权	0	$K-S_T$
	股票	S_T	S_T
	合计	S_T	K

组合 A 在今天包含看涨期权 c 和零息债券的贴现值 Ke^{-rT}，组合 C 在今天包含看跌期权 p 和股票 S。因此

$$c+Ke^{-rT}=p+S_0 \tag{10-6}$$

这一关系式就是所谓的看跌 – 看涨期权平价关系式。此公式表明，具有某一确定行使价格及到期日的欧式看涨期权的价值，可由一个具有相同行使价格和到期日的看跌期权价值推导出来，这一结论反之亦然。

如果式(10-6)不成立，就会出现套利机会。假定股票价值为 31 美元，行使价格为 30 美元，无风险利率为年率 10%，3 个月期的欧式看涨期权为 3 美元，3 个月期的欧式看跌期权为 2.25 美元，此时，

$$c+Ke^{-rT}=3+30e^{-0.1\times3/12}=32.26 \text{ 美元}$$

$$p+S_0=2.25+31=33.25 \text{ 美元}$$

相对于组合 A 来说，组合 C 的价格过高。一个正确的套利策略是买入组合 A 中的证券同时卖出组合 C 中的证券，交易策略中包括买入看涨期权、卖空看跌期权和卖空股票，因此，今天的现

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

金流为

$$-3+2.25+31=30.25 \text{ 美元}$$

以无风险利率进行投资，这笔现金在3个月后将变为30.25 $e^{0.1\times0.25}$ =31.02美元。

如果在到期日，股票价格高于30美元，看涨期权将会被行使，如果股票价格低于30美元，看跌期权将被行使。在这两种情况下，投资者以30美元的价格买入一只股票，买入股票可用于平仓卖空的股票。因此净收益为

$$31.02-30=1.02 \text{ 美元}$$

对于另外一种情况，假定看涨期权价格为3美元，看跌期权价格为1美元，在这种情况下，

$$c+Ke^{-rT}=3+30e^{-0.1\times3/12}=32.26 \text{ 美元}$$

$$p+S_0=1+31=32.00 \text{ 美元}$$

这时，组合A的价值比组合C的价值要高。套利者可以卖空组合A中的看涨期权，并同时买入组合C中的看跌期权和股票来锁定利润。最初的投资为

$$31+1-3=29 \text{ 美元}$$

以无风险利率借入资金，3个月后需要偿还的金额为29 $e^{0.1\times0.25}$ =29.73美元。与前面的实例类似，或者看涨期权或者看跌期权将被行使。卖出看涨期权及买入看跌期权会使得股票以30美元的价格被抛售，因此净收益为

$$30-29.73=0.27 \text{ 美元}$$

表10-3描述了以上实例。业界实例10-1说明，看跌－看涨期权平价关系式可以被用来解释公司债权人与股东的相互关系。

表10-3 看跌－看涨期权平价关系式不成立时会出现的套利机会

3个月期看跌期权为2.25美元	3个月期看跌期权为1美元
当前交易	**当前交易**
买入看涨期权，支付3美元	借入29美元资金，期限为3个月
卖出看跌期权，收入2.25美元	卖出看涨期权，收入为3美元
卖空股票收入31美元	以1美元价格买入看跌期权
将30.25美元的资金以无风险利率投资3个月	以31美元的价格买入股票
当 $S_T>30$ 时，3个月后的交易	**当 $S_T>30$ 时，3个月以后的交易**
由投资收入31.02美元	看涨期权被行使，以30美元价格卖出股票
行使看涨期权，以30美元价格买入股票	偿还29.73美元贷款
净利润为1.02美元	净利润为0.27美元
当 $S_T<30$ 时，3个月后的交易	**当 $S_T<30$ 时，3个月以后的交易**
由投资收入31.02美元	行使看跌期权，以30美元价格卖出股票
看跌期权被行使，以30美元价格买入股票	偿还29.73贷款的本息
净收益为1.02美元	净利润为0.27美元

注：股票价格为31美元，利率为10%，看涨期权价格为3美元。看跌及看涨期权的行使价格为30美元，期限均为3个月。

业界实例10-1　看跌－看涨期权平价关系式以及资本结构

期权定价理论的先驱是费舍尔·布莱克（Fisher Black）、梅隆·斯科尔斯（Myron Scholes）和罗伯特·莫顿（Robert Merton）。在20世纪70年代初，他们证明了用期权理论可以对公司的资本结构进行分类。今天，这一模型已被金融机构用来描述公司的信用

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

风险。

为了展示模型，考虑一家公司，其资本结构包括零息债券和股票。假定债券在第 5 年时到期，到期的本金为 K。公司不付任何股息，假定在第 5 年时资产价格大于 K，公司股东选择偿还债券，如果资产价格小于 K，股东将宣布破产。这时债券持有人将掌握公司的拥有权。

公司股票在第 5 年时价值为 $\max(A_T-K,0)$，其中 A_T 为公司资产在第 5 年时的价值。这一关系式显示，股东拥有一个对于公司资产的看涨期权，行使价格为 K。这时，债券持有者拥有什么呢？债券持有者的收益为 $\min(A_T,K)$，这一表达式等价于 $K-\max(K-A_T,0)$。债券持有者向股东出售了 5 年期的执行价值为 K 的公司资产的看跌期权。因此债券价格等于 K 的贴现值减去一个公司资产的欧式看跌期权，期权的行使价格为 K。

综上所述，令 c 和 p 分别为看涨期权和看跌期权的价值，则

$$股东价值 = c$$

$$债券价值 = PV(K) - p$$

将公司当前资产价值记为 A_0。资产价值等于融资资产的全部价值，这意味着公司资产的当前价值等于股票价值加上债券的价格，因此

$$A_0 = c + [PV(K) - p]$$

上式变形后得到

$$c + PV(K) = p + A_0$$

这是式(10-6)所述的平价关系式，它显示了公司资产的看涨和看跌期权所满足的关系式。

美式期权

虽然看跌－看涨期权平价关系式只对欧式期权成立，但我们可以从中得出美式期权服从的关系式。可以证明，当没有股息时，

$$S_0 - K \leqslant C - P \leqslant S_0 - Ke^{-rT} \tag{10-7}$$

例 10-5 是以上关系式的应用。

【例 10-5】 美式看涨期权和美式看跌期权之间的关系

一个美式看涨期权的行使价格为 20 美元，期限为 5 个月，期权价格为 1.5 美元。假定当前股票价格为 19 美元，无风险利率为年率 10%。由式(10-7)，我们得出

$$19 - 20 \leqslant C - P \leqslant 19 - 20e^{-0.1\times 5/12}$$

即

$$1 \geqslant P - C \geqslant 0.18$$

以上关系式显示，$P-C$ 介于 0.18～1 美元之间。由于 C 是 1.5 美元，因此 P 必须介于 1.68～2.50 美元之间。换句话说，与美式看涨期权具有相同行使价格及期限的美式看跌期权价格的上下限分别为 2.50 美元和 1.68 美元。

10.5 无股息股票的看涨期权

在本节，我们将说明提前行使无股息股票的看涨期权不是一个最优选择。

为了说明问题的实质，考虑一个不付股息的美式看涨期权，期限为 1 个月，股票价格为 70 美元，期权行使价格为 40 美元。这一期权实值程度很大(deep in the money)，期权的持有者可能往往会马上行使期权。但是，如果投资者计划持有由行使期权所得股票，并且持有期超过一个月，那么提前行使期权就不是最优策略。更好的方案是持有期权并在一个月后(及到期日)行使期权，这样做投资者可得到本金为 40 美元的一个月的应计利息。因为股票不付任何股息，投资者

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

不会损失任何由股票带来的收入。持有期权而不是马上行使的另一个好处是，股票在一个月内有可能会低于40美元（虽然机会不大）。在这种情况下，投资者将不会行使期权，并且他会很庆幸在一个月前没有提前行使期权。

这一讨论说明，如果投资者计划在期权的期限内持有股票（本例中的期限为一个月），行使期权没有任何好处。但如果投资者认为股票的价格被高估了，他是否应行使期权并且变卖股票呢？此时，投资者应卖出期权，而不是行使期权。[⊖]那些确实想持有股票的投资者会购买股票，市场上这样的投资者一定存在，否则股票的当前价格就不会是70美元。综上所述，期权价格会大于其内涵价格30美元。

为了给出一个正式讨论，我们可以采用式(10-4)

$$c \geqslant S_0 - Ke^{-rT}$$

因为美式期权的持有者行使期权的机会多于欧式期权行使期权的机会，因此

$$C \geqslant c$$

于是，

$$C \geqslant S_0 - Ke^{-rT}$$

因为 $r > 0$，有 $C > S_0 - K$。如果提前行使期权，C 将等于 $S_0 - K$。因此，提前行使期权不会是最优策略。

归纳来讲，有两个原因造成了一个无股息的美式看涨期权不应该被提前行使。第一个原因同期权所提供的保险有关。当持有者拥有期权而不是股票时，他拥有价格保险。一旦期权被行使，行使价格同股票进行互换，保险也因此消失。另一个原因与货币的时间价值有关，对期权持有人而言，支付行使价格越晚越好。

上下限

因为无股息的美式看涨期权不会提前行使，所以其等价于欧式看涨期权，即 $C = c$，由式(10-1)和式(10-4)，得出上下限为

$$\max(S_0 - Ke^{-rT}, 0) \leqslant c, C \leqslant S_0$$

图10-3显示了上下限。

图10-4显示了看涨期权价格与股票价格之间的变化关系。但利率 r、期限 T 或股票波动率增加时，看涨期权的价格朝着箭头所指的方向移动。

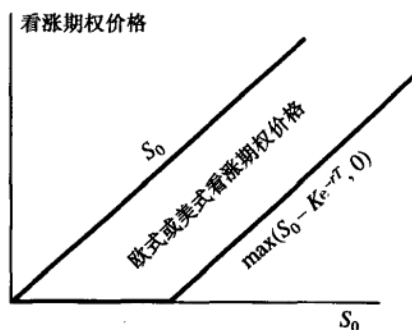


图10-3 无股息欧式或美式看涨期权的价格上下限

10.6 无股息股票的看跌期权

可以证明，提前行使无股息股票的看跌期权有时可能是最优的。事实上，如果在期权期限内的任一给定时刻，期权实值程度很大，就应提前行使期权。

为了说明这一点，考虑以下极端情形。假定行使价格为10美元，股票价格几乎为0。通过立即行使期权，投资者可立即获利近10美元。如果投资者选择等待，行使期权的盈利可能低于10美元，但不会高于10美元，这是因为股票的价值不可能为负值。因而，现在收到10美元要比将来收到10美元更好。这也说明期权应该马上被行使。

同看涨期权类似，看跌期权也可以被看做是一个保险，当同时持有股票和看跌期权时，看跌

⊖ 另一种策略是投资者保留期权而卖空股票来锁定比30美元更多的盈利。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

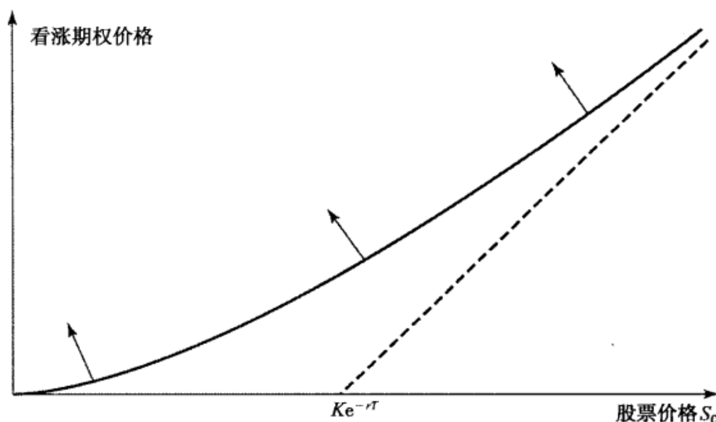


图 10-4 无股息的美式及欧式看涨期权的价格与股票价格 S_0 之间的变化关系

期权可以保证期权持有者在股票价格下跌到一定水平时不受损失。放弃这一保险，即提前行使期权来立即实现行使价格可能为最优。一般来讲，当 S_0 有所降低，r 有所上升及 σ 有所降低时，提前行使期权可能会更有利。

上下限

由式(10-3)和式(10-5)得出，在没有股息的情况下，欧式看跌期权的上下限为

$$\max\ (Ke^{-rT}-S_0,0)\leqslant p\leqslant Ke^{-rT}$$

对一个无股息的美式看跌期权，因为期权可以提前行使，以下关系式必须满足

$$P\geqslant \max\ (K-S_0,0)$$

这比式(10-5)的欧式看跌期权的条件更严格。运用式(10-2)的结果，无股息美式看跌期权的上下限为

$$\max\ (K-S_0,0)\leqslant P\leqslant K$$

图 10-5 描述了上下限。

图 10-6 表明，在一般情况下，美式看跌期权价格随 S_0 变化的形式。当 $r>0$ 时，即股票价格足够低时，应该立即行使美式期权。由曲线所代表的看跌期权的价值在 S_0 足够小时会与其内涵价值(即 $K-S_0$)重合。如果期权被提前行使，期权价值为 $K-S_0$（这个 S_0 的价值点由 A 点表示）。当 r 降低，或波动率上升，或期限 T 上升时，看跌期权与股票的关系曲线会按箭头所指方式移动。

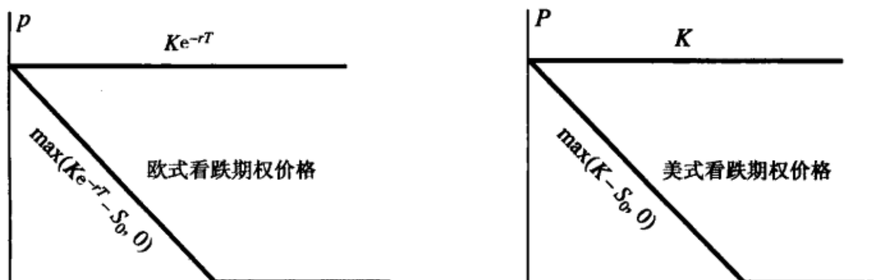


图 10-5 无股息欧式或美式看跌期权的价格下限

由于在某些情形下投资者会提前行使美式看跌期权，因此美式看跌期权的价格会高于相应的欧式看跌期权的价格。由于美式看跌期权的价格有时等于其内涵价值(见图 10-6)，因此欧式看跌期权的价格会低于内涵价值。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

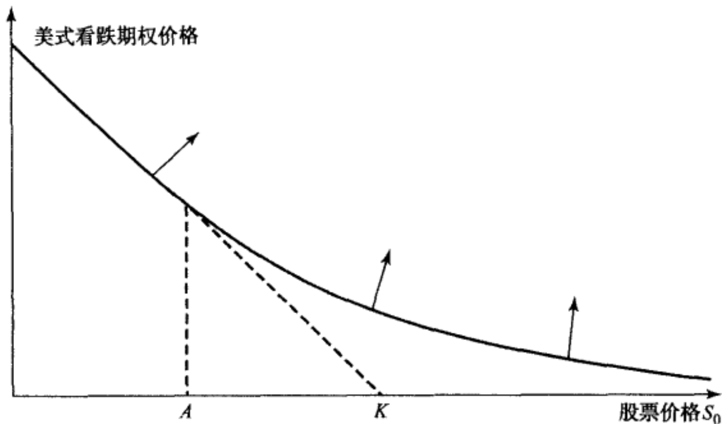


图 10-6 美式看跌期权的价格与股票价格之间的变化关系

图 10-7 显示了欧式看跌期权随股票变化的图形。注意，图 10-7 的 B 点代表的股票价格大于图 10-6 中 A 点代表的股票价格。在图 10-7 中，E 点对应于 $S_0=0$ 及欧式看跌期权价格为 Ke^{-rT} 的情形。

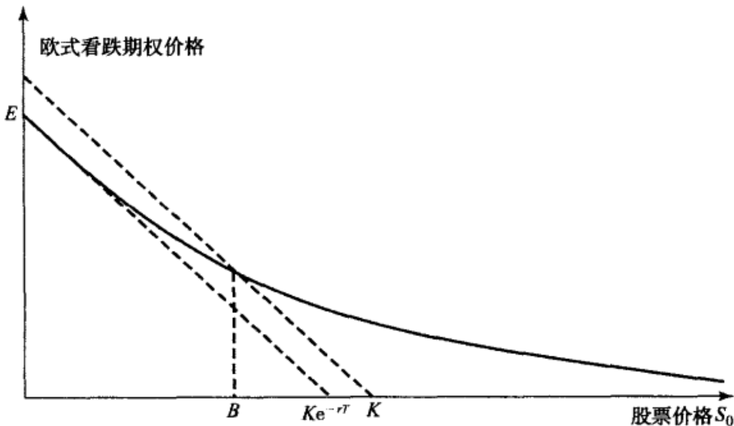


图 10-7 欧式看跌期权的价格与股票价格之间的变化关系

10.7 股息对期权的影响

到目前为止，本章所得的结论均依赖股票不支付任何股息的假设。本节我们考虑股息对期权价格的影响。在美国，大部分交易所交易期权的期限小于 1 年，因此我们可以较为准确地预测股息的支付时间及数量。我们用 D 来表示期权期限内股息的贴现值。在计算 D 时，我们假定股息在除息日付出。

10.7.1 看涨期权和看跌期权的下限

我们将组合 A 和组合 B 重新定义如下：

- 组合 A：一个欧式看涨期权加上数量为 $D+Ke^{-rT}$ 的现金；
- 组合 B：一股股票。

一个与推导式(10-4)的类似过程证明

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$c \geqslant S_0 - D - Ke^{-rT} \tag{10-8}$$

我们将组合 C 和组合 D 重新定义如下：

- 组合 C：一个欧式看跌期权加上一股股票；
- 组合 D：数量为 $D + Ke^{-rT}$ 的现金。

一个与推导式(10-5)的类似过程证明

$$p \geqslant D + Ke^{-rT} - S_0 \tag{10-9}$$

10.7.2 提前行使期权

当股息在预计之中时，我们将不再有美式看涨期权不应该被提前行使的结论。有时，在除息日之前，行使美式看涨期权为最优，在其他时刻立即行使美式看涨期权不为最优。在第 13 章的附录中我们将进一步讨论这一点。

10.7.3 看跌－看涨期权平价关系式

比较在 T 时刻的经过重新定义的组合 A 与组合 C 的价格，我们可以得出：当存在股息时，式(10-6)所表达的看跌－看涨平价关系式变为

$$c + D + Ke^{-rT} = p + S_0 \tag{10-10}$$

股息会使式(10-7)变为以下形式：

$$S_0 - D - K \leqslant C - P \leqslant S_0 - Ke^{-rT} \tag{10-11}$$

小 结

6 种因素会影响股票期权的价值：股票当前价格、行使价格、期限、股票价格的波动率、无风险利率以及在期权期限内预期发放的股息。当股票当前价格、期限、波动率及无风险利率有所上升时，看涨期权的价值也会有所上升；当行使价格及预期股息有所上升时，看涨期权价值会有所下降。当行使价格、期限、波动率和预期股息有所上升时，看跌期权价值一般也会有所上升；当股票的当前价格和无风险利率有所上升时，看跌期权的价值会有所下降。

我们也可以在不对股票价格的波动率做任何假设的前提下，对期权价格做出一定判断。例如，股票看涨期权的价格一定总是低于股票本身的价格。类似地，股票看跌期权的价格永远低于股票期权的行使价格。

一个无股息股票的欧式看涨期权的价格必须高于

$$\max\ (S_0 - Ke^{-rT}, 0)$$

其中，S_0 为股票价格，K 为行使价格，r 为无风险利率，T 为期限。一个无股息股票的欧式看跌期权的价格必须高于

$$\max\ (Ke^{-rT} - S_0, 0)$$

假定股票支付的股息的贴现值为 D，欧式看涨期权的下限为

$$\max\ (S_0 - D - Ke^{-rT}, 0)$$

欧式看跌期权的下限为

$$\max\ (Ke^{-rT} + D - S_0, 0)$$

看跌－看涨期权的平价关系是欧式股票看涨期权 c 和欧式股票看跌期权 p 之间的关系式。对于无股息股票，该平价关系式为

$$c + Ke^{-rT} = p + S_0$$

支付股息股票的平价关系式为

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$c + D + Ke^{-rT} = p + S_0$$

对于美式期权，看跌－看涨期权平价关系式不成立。但是，我们可以利用无套利理论获得美式看涨期权与看跌期权差价的上限和下限。

在第 13 章，我们可以利用股票价格的概率分布假设来对本章的结论做出进一步的检验，这样做有助于我们推出欧式期权的准确定价公式。在第 12 章和第 18 章，我们将看到如何采用数值方法来对美式期权进行定价。

推荐阅读

Black, F., and M. Scholes. "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy*, 81 (May–June 1973): 637–59.

Broadie, M., and J. Detemple. "American Option Valuation: New Bounds, Approximations, and a Comparison of Existing Methods," *Review of Financial Studies*, 9, 4 (1996): 1211–50.

Merton, R. C. "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates," *Journal of Finance*, 29, 2 (1974): 449–70.

Merton, R. C. "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (Spring 1973): 141–83.

Merton, R. C. "The Relationship between Put and Call Prices: Comment," *Journal of Finance*, 28 (March 1973): 183–84.

Stoll, H. R. "The Relationship between Put and Call Option Prices," *Journal of Finance*, 24 (December 1969): 801–24.

测验题

10.1 列出影响期权价格的 6 个因素。

10.2 一个无股息股票的看涨期权的期限为 4 个月，行使价格为 25 美元，股票当前价格为 28 美元，无风险利率为年率 8%，期权的下限是多少？

10.3 一个无股息股票的看跌期权的期限为 1 个月，行使价格为 15 美元，当前股票价格为 12 美元，无风险利率为年率 6% 时，期权的下限是多少？

10.4 请列举两个原因来说明为什么无股息股票的美式看涨期权不应被提前行使。第一个原因应涉及货币时间价值；第二个原因在利率为 0 时也应成立。

10.5 “提前行使美式看跌期权是在货币的时间价值与看跌期权的保险价值之间的权衡。”请解释这一观点。

10.6 请解释为什么一个支付股息股票的美式看涨期权的价格至少等于其内涵价格。这对欧式看涨期权也成立吗？请解释你的答案。

10.7 某无股息股票的价格为 19 美元，对应于该股票的一个 3 个月期的欧式看涨期权的行使价格为 20 美元，期权的价值为 1 美元，无风险利率为年率 4%，对于该股票的 3 个月期限行使价格为 20 美元的看跌期权的价格是多少？

练习题

10.8 请解释为什么对欧式看跌－看涨期权平价关系的讨论对于美式期权不适用。

10.9 一个无股息股票的欧式看涨期权的期限为 6 个月，行使价格为 75 美元，股票当前价格为 80 美元，无风险利率为年率 10% 时，期权价格的下限是多少？

10.10 一个无股息股票的欧式看跌期权的期限为 2 个月，行使价格为 65 美元，股票当

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

前价格为 58 美元，无风险利率为年率 5% 时，期权价格的下限是多少?

10.11 一个期限为 4 个月、支付股息的股票的欧式看涨期权的价格为 5 美元，期权行使价格为 60 美元，股票当前价格为 64 美元，股票预计在 1 个月时将支付 0.8 美元的股息，对于所有期限的无风险利率均为 12%，这时对于套利者而言存在什么样的套利机会?

10.12 一个期限为 1 个月的无股息股票的欧式看跌期权的当前价格为 2.5 美元。股票价格为 47 美元，行使价格为 50 美元，无风险利率为年率 6%，这时对套利者而言存在什么样的套利机会?

10.13 请给出一个直观解释：当无风险利率上升以及波动率下降时，提前行使美式看跌期权会变得更有利。

10.14 一个行使价格为 30 美元、期限为 6 个月的欧式看涨期权的价格为 2 美元。标的股票价格为 29 美元，股票预期在 2 个月和 5 个月时分别发放 0.5 美元股息，所有期限的无风险利率均为 10%，行使价格为 30 美元，期限为 6 个月的欧式看跌期权的价格是多少?

10.15 请详细解释当练习题 10.14 中的欧式看跌期权价格为 3 美元时，套利者会有什么样的套利机会?

10.16 一个无股息股票的美式看涨期权的价格为 4 美元，行使价格为 30 美元，期限为 3 个月，无风险利率为 8%，股票价格为 31 美元。请推出具有相同股票价格、相同行使价格及相同期限的美式看跌期权的上下限。

10.17 在练习题 10.16 中，如果美式看跌期权价格高于其上限，请详细说明此时存在什么样的套利机会。

10.18 证明式(10-7)(提示：对于关系式的前半部分，考虑一个由欧式看涨期权和一个数量为 K 的现金的组合以及一个由美式看跌期权和一股股票的组合)。

10.19 证明式(10-11)(提示：对于关系式的前半部分，考虑一个由欧式看涨期权和一个数量为 $D+K$ 的现金的组合以及一个由美式看跌期权和一股股票的组合)。

10.20 考虑一个向公司员工发放的雇员期权，假定股票不支付股息，期权的期限为 5 年，期权在一年后任何时刻可被行使，与一般期权不同的是，雇员期权不能在市场上出售，这一规定对期权提前行使的影响是什么?

10.21 采用 DerivaGem 软件来验证图 10-1 和图 10-2 的正确性。

作业题

10.22 对于同一股票的欧式看涨期权和看跌期权的行使价格均为 20 美元，期限均为 3 个月，两个期权价格均为 3 美元，无风险利率均为年率 10%，当前股票价格为 19 美元，在 1 个月时股票预计支付 1 美元的股息。请识别对于交易员来说，此时会有什么样的套利机会。

10.23 假设 c_1、c_2、c_3 分别代表行使价格为 K_1、K_2 及 K_3 的欧式看涨期权的价格，这里的行使价格满足 $K_3>K_2>K_1$ 及 $K_3-K_2=K_2-K_1$。所有期权具有相同的期限，证明

$$c_2 \leqslant 0.5(c_1+c_3)$$

(考虑以下交易组合：一个行使价格为 K_1 的期权的长头寸、一个行使价格为 K_3 的期权的长头寸，以及两个行使价格为 K_2 的期权的短头寸)。

10.24 如果作业题 10.23 中的期权为欧式看跌期权，结果又会如何?

10.25 假设你是一家杠杆比例很高的公司的 CEO 及唯一的股东，所有的债务在 1 年后到期，如果到时公司的价值高于债务的面值，你将偿还债务；如果公司价值小于债务的面值，你将宣布破产，同时债权人将接管公司。

(a)将公司的价值作为期权的标的资产，请描述你的头寸状况。

(b)将公司的价值作为期权的标的资产，请描述债权人的头寸状况。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

(c)你应该如何提高你的投资的价值?

10.26 考虑以下期权：股票价格为41美元，行使价格为40美元，无风险利率为6%，波动率为35%，期限为1年。假定股票预计在6个月时发放0.5美元股息。

(a)假定期权为欧式看涨期权，采用DerivaGem软件对这一期权进行定价。

(b)假定期权为欧式看跌期权，采用DerivaGem软件对这一期权进行定价。

(c)验证看跌－看涨期权平价关系式。

(d)用DerivaGem说明当期权期限变长时，期权价格会如何改变?在分析中假定股票无股息。请对你所得出的结果进行解释。

10.27 考虑一个没有股息的看跌期权，股票价格为40美元，行使价格为42美元，无风险利率为2%，波动率为25%每年，到期时间为3个月。用DerivaGem软件进行定价。

(a)如果是欧式，期权的价格是多少?

(b)如果是美式，期权的价格是多少?

(c)如图10-7中的B点。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

11 CHAPTER

第 11 章

期权交易策略

在第 9 章，我们曾经讨论了由单一期权所带来的盈利形式，本章将讨论如何运用一些期权组合来获得范围更广的盈利形式。我们假定标的资产为股票，对于其他标的资产，例如货币、股指、期货等，我们也可以取得类似的结果。在讨论中采用的期权为欧式期权。由于提前行使期权的缘故，美式期权会产生略微不同的结果。

首先考虑单个期权头寸与股票本身结合时所产生的结果，接下来我们讨论对于同一股票的两种或更多种不同的期权组合时所能产生的盈利形式。期权的一个可取之处在于，它可以产生不同形式的收益函数(收益函数是指将收益表达为股票价格的函数)。如果欧式期权的行使价格是任何可能的价格，那么从理论上讲，我们可以构造任何形式的收益函数。

为了简单起见，以下列举的交易策略收益图都忽略了货币的时间价值，在图中展示的盈利等于最终收益减去初始费用(在理论上讲，盈利应等于最终收益的贴现值减去初始费用)。

11.1 包括单一期权和股票的策略

对于包括单一期权和股票的策略，有多种不同的形式，其盈利的状态见图 11-1。在图 11-1 及本章的其他图形中，虚线代表该组合中的单个证券的盈利与股票价格之间的关系，而实线代表整个组合的盈利和股票价格之间的关系。

在图 11-1a 中，交易组合是由一个股票的长头寸与一个看涨期权的短头寸组成。这种交易策略被称为**对持保看涨期权承约**(writing covered call)。这里股票的长头寸“掩护”(cover)或保护投资者，使其免遭股票价格急剧上涨带来的巨大损失。在图 11-1b 中，交易组合是由一个股票的短头寸加上一个看涨期权的长头寸组成，其盈利状态与持保看涨期权的盈利状态相反。在图 11-1c 中，交易组合包括一个看跌期权的长头寸和股票长头寸本身，这一交易策略有时被称为**保护性看跌期权**(protective put)策略。在图 11-1d 中，交易组合由一个看跌期权的短头寸和一个股票短头寸组

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

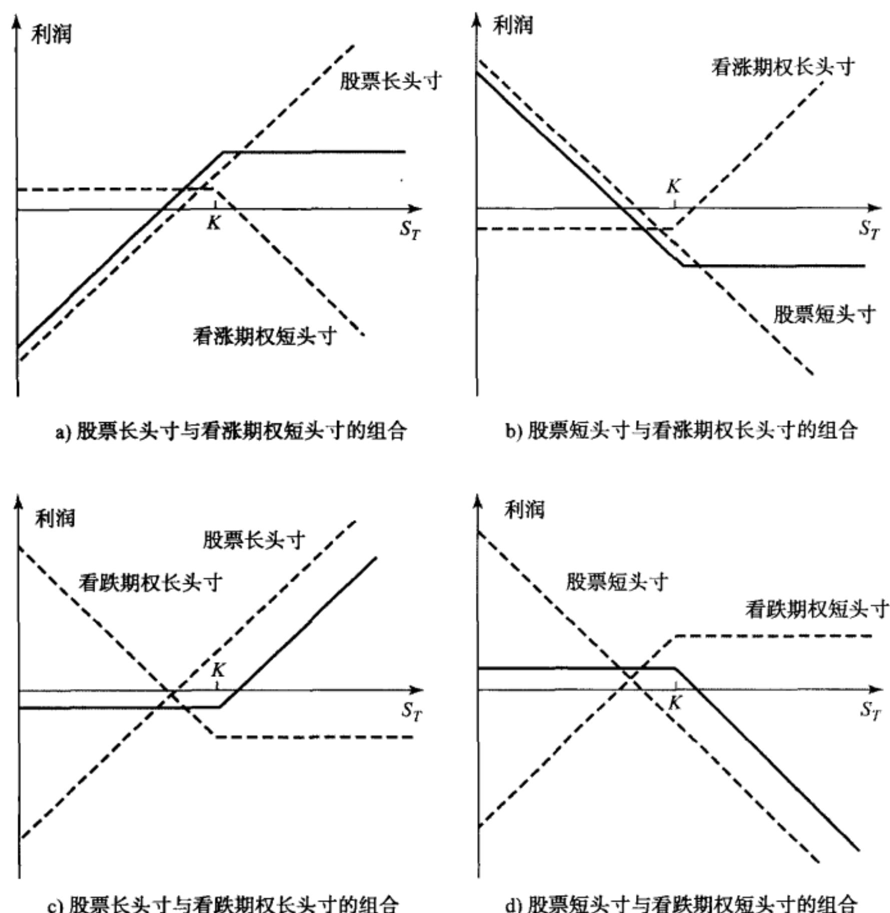


图 11-1 4 种交易策略的盈利

成，这一交易策略的盈利状态与保护性看跌期权的盈利状态相反。

图 11-1 中的盈利状态与第 9 章讨论的看跌期权短头寸、看跌期权长头寸、看涨期权长头寸和看涨期权短头寸的盈利状态相似。由看跌－看涨期权平价关系式，我们可以理解其中的奥秘。在第 10 章，看跌－看涨期权平价关系式为

$$p + S_0 = c + Ke^{-rT} + D \tag{11-1}$$

其中，p 为欧式看跌期权的价格，S_0 为股票价格，c 为欧式看涨期权的价格，K 为看涨期权和看跌期权的行使价格，r 为无风险利率，T 为看涨期权和看跌期权的期限，D 为期权期限内预期发放的股息的贴现值。

式(11-1)表明，看跌期权的长头寸加上股票的长头寸等同于看涨期权的长头寸加上一定数量($Ke^{-rT} + D$)的现金，这就解释了为什么图 11-1c 中的盈利形式与看涨期权的长头寸相同。图 11-1d 的头寸与图 11-1c 的形式相反，其盈利形式类似于看涨期权的短头寸的盈利形式。

式(11-1)可变形为

$$S_0 - c = Ke^{-rT} + D - p$$

换句话说，一个股票的长头寸与一个看涨期权的短头寸等价于一个看跌期权的短头寸加上一定数量($Ke^{-rT} + D$)的现金。这个等式解释了为什么图 11-1a 的盈利形式类似于看跌期权短头寸的盈利

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

形式。图 11-1b 的头寸刚好与图 11-1a 中的头寸相反，其盈利形式类似于看跌期权长头寸的盈利形式。

11.2 差价期权

差价期权(spread)是指将具有相同类型的两个或者多个期权(由两个或更多个看涨期权或者两个或更多个看跌期权)组合在一起的交易策略。

11.2.1 牛市差价

最流行的差价期权为**牛市差价**(bull spread)，这种期权可以通过买入一个具有某一确定行使价格的股票看涨期权和卖出一个同一股票的但具较高行使价格的看涨期权组合而成。这里，两个期权的期限相同。该策略见图 11-2。两个单一期权价格的头寸由虚线展示，整个交易策略的盈利为两个虚线表示的盈利之和，在图中由实线表示。随着行使价格的上升，看涨期权的价格会有所下降，行使价格较高期权的价值总是小于行使价格较低的期权的价值。由看涨期权组成的牛市差价需要初始投资。

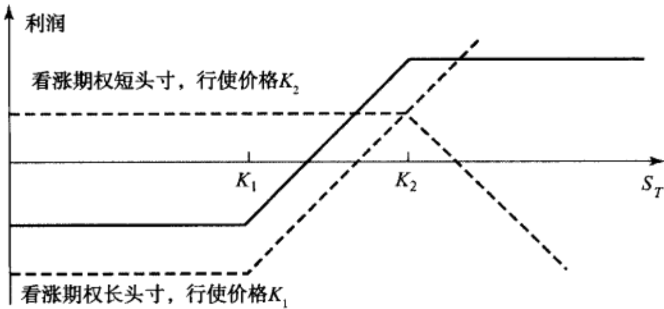


图 11-2 由看涨期权所构造的牛市差价的盈利

假定 K_1 为买入的看涨期权的行使价格，K_2 为卖出的看涨期权的价格，S_T 为期权到期日的股票价格。表 11-1 显示了牛市差价在不同情况下实现的总收益。如果股票表现良好，即价格上涨并高于组合中较高的行使价格，牛市差价盈利就为两个行使价格的差，即 $K_2 - K_1$；如果在到期日，股票价格介于两个行使价格之间，牛市差价的收益为 $S_T - K_1$；如果在期权到期日时股票价格低于较低的行使价格，牛市差价的收益为 0。在图 11-2 中，盈利收益等于期权的最终收益减去初始投资。例 11-1 是由看涨期权构成的牛市差价的数值实例。

表 11-1 由看涨期权所构造的牛市差价的收益

股票价格范围	看涨期权长头寸的收益	看涨期权短头寸的收益	总收益
$S_T \leqslant K_1$	0	0	0
$K_1 < S_T < K_2$	$S_T - K_1$	0	$S_T - K_1$
$S_T \geqslant K_2$	$S_T - K_1$	$K_2 - S_T$	$K_2 - K_1$

【例 11-1】 由看涨期权构造的牛市差价

某投资者以 3 美元的价格买入了一个行使价格为 30 美元的看涨期权，同时以 1 美元的价格卖出了一个行使价格为 35 美元的看涨期权。如果股票价格高于 35 美元，这一牛市差

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

价的盈利为 5 美元；如果股票价格低于 30 美元，牛市差价的收益为 0；如果股票价格介于 30～35 美元之间，牛市差价的收益为股票价格与 30 美元的差。这一牛市差价策略的成本为 3－1＝2 美元，其盈利如右表所示：

股票价格范围	盈利
$S_T \leqslant 30$	－2
$30 < S_T < 35$	$S_T - 32$
$S_T \geqslant 35$	+3

牛市差价对股票上升时潜在的收益会有所限制，同时对股票下跌的损失也会有所控制。这一策略可表达为：投资者拥有一个行使价格为 K_1 的期权，同时卖出行使价格为 K_2（$K_2 > K_1$）的期权而放弃了股票上升时的潜在盈利。作为对放弃潜在盈利的补偿，投资者获得了行使价格为 K_2 的期权费用。市场上有 3 种不同类型的牛市差价：

- 最初的两个看涨期权均为虚值期权；
- 最初的一个看涨期权为实值期权，另一个看涨期权为虚值期权；
- 最初的两个看涨期权均为实值期权。

第 1 个牛市差价的最激进，策略的成本很低，高收益（$= K_2 - K_1$）的概率也很小。这 3 种类型，其牛市差价逐渐趋于保守。

如图 11-3 所示，牛市差价也可以通过买入较低行使价格的看跌期权和卖出较高行使价格的看跌期权构造而成。与采用看涨期权构造牛市差价的期权不同的是：用看跌期权构造牛市差价会给投资者在最初带来正的现金流（忽略保证金的要求），由此构造的牛市看涨期权的收益或者为负或者为 0。

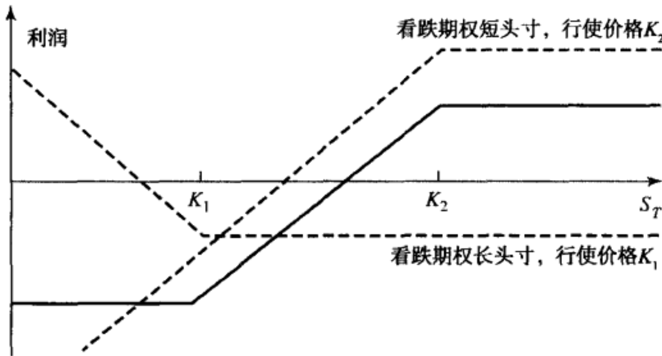


图 11-3　由看跌期权构造的牛市差价的盈利

11.2.2　熊市差价

持有牛市差价的投资者预期股票价格上升，与此相反，持有**熊市差价**（bear spread）的投资者预期股票价格下降。熊市差价的期权策略可以由买入具有某一行使价格的看跌期权并卖出具有另一行使价格的看跌期权来构造。买入期权的行使价格大于卖出期权的行使价格（这与牛市差价刚好相反，牛市差价中的买入期权的行使价格总是小于卖出期权的行使价格）。在图 11-4 中，盈利如实线表示。由看跌期权构造的熊市差价在最初会有一个现金流的支出，因为卖出期权的价格小于买入期权的价格。事实上，买入具有某一行使价格的看跌期权的投资者在决定卖出一个具有低行使价格的看跌期权后，放弃了一部分可能的盈利。

假定期权的行使价格为 K_1 和 K_2，其中 $K_1 < K_2$。表 11-2 显示了在不同情况下熊市差价的收益。当股票价格大于 K_2 时，收益为 0；如果股票价格低于 K_1，收益为 $K_2 - K_1$；当股票价格介于 K_1 与 K_2 之间时，收益为 $K_2 - S_T$。交易策略的盈利等于收益减去初始费用，例 11-2 显示数值计算过程。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

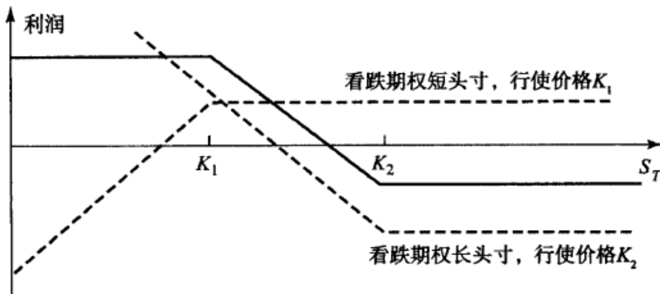


图 11-4 由看跌期权所构造的熊市差价的盈利

表 11-2 由看跌期权所构造的熊市差价的收益

股价范围	看涨期权长头寸的收益	看跌期权短头寸的收益	总收益
$S_T \leqslant K_1$	$K_2 - S_T$	$S_T - K_1$	$K_2 - K_1$
$K_1 < S_T < K_2$	$K_2 - S_T$	0	$K_2 - S_T$
$S_T \geqslant K_2$	0	0	0

【例 11-2】 由看跌期权所构造的熊市差价

投资者以 3 美元的价格买入了行使价格为 35 美元的看跌期权，并以 1 美元的价格卖出了行使价格为 30 美元的看跌期权。如果股票价格高于 35 美元，熊市差价策略的收益为 0；如果股票价格低于 30 美元，熊市差价策略的收益为 5 美元；如果股票介于 30 ~ 35 美元之间，熊市差价的收益为 $35 - S_T$。期权的初始费用为 3 - 1 = 2 美元。因此，盈利如下表所示：

股票价格范围	盈利
$S_T \leqslant 30$	+3
$30 < S_T < 35$	$33 - S_T$
$S_T \geqslant 35$	-2

与牛市差价类似，熊市差价限定了盈利的上限，同时也对损失有所控制。熊市差价可以不用看跌期权而用看涨期权来构造。投资者可以买入一个具有较高行使价格的看涨期权同时卖出一个具有较低行使价格的看涨期权，交易策略如图 11-5 所示。由看涨期权所构成的熊市差价会有一个初始现金流的流入(忽略保证金的要求)。

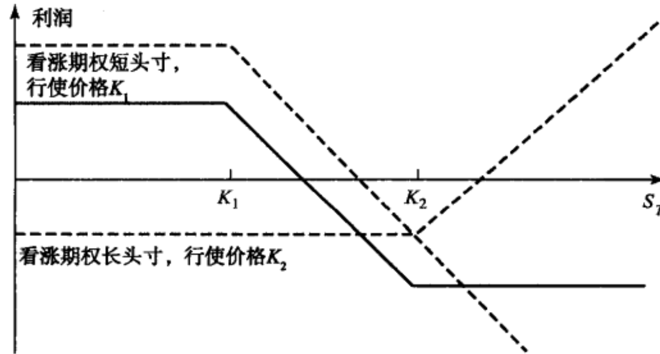


图 11-5 由看涨期权所构造的熊市差价的盈利

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

11.2.3 盒式差价

盒式差价(box spread)是由行使价格为 K_1 和 K_2 的看涨期权所构成的牛市差价与一个具有相同行使价格所构成的熊市差价的组合。如表 11-3 所示，一个盒式差价的收益为 $K_2 - K_1$，因此盒式差价的贴现值为 $(K_2 - K_1)e^{-rT}$。如果其贴现值与这一数值有所不同，就会产生套利机会。如果盒式差价的市场价格过低，套利者可以采用买入盒式期权盈利，此时套利策略如下：买入一个具有行使价格 K_1 的看涨期权，再买入一个行使价格为 K_2 的看跌期权，卖出一个行使价格为 K_2 的看涨期权并卖出一个行使价格为 K_1 的看跌期权。如果盒式差价的市场价格过高，套利者可以采用卖出盒式期权来盈利，套利策略如下：买入行使价格为 K_2 的看涨期权，再买入一个行使价格为 K_1 的看跌期权，卖出一个行使价格为 K_1 的看涨期权并卖出一个行使价格为 K_2 的看跌期权。

表 11-3 盒式差价的收益

股价区间	牛市差价收益	熊市差价收益	总收益
$S_T \leqslant K_1$	0	$K_2 - K_1$	$K_2 - K_1$
$K_1 < S_T < K_2$	$S_T - K_1$	$K_2 - S_T$	$K_2 - K_1$
$S_T \geqslant K_2$	$K_2 - K_1$	0	$K_2 - K_1$

我们应注意到，盒式期权只对欧式期权适用，在交易中认识到这一点很重要。市场上交易的大多数期权为美式期权。正如业界实例 11-1 所示，没有经验的交易员将美式期权作为欧式期权来处理会遭受损失。

业界实例 11-1 盒式差价产生的损失

假定某股票的价格为 50 美元，波动率为 30%，股票无股息，无风险利率为 8%，一位 CBOE 的交易员向你提供以 5.10 美元价格卖出一个 2 个月期限盒式差价的机会，盒式期权中的行使价格分别为 55 美元和 60 美元。

这笔交易看起来很诱人。这时，$K_1 = 55$，$K_2 = 60$，在 2 个月时的收益为定量，即 5 美元。以 5.10 美元卖出盒式期权并将资金投资 2 个月，你可以在 2 个月时有足够多的资金去满足 2 个月 5 美元的收益。盒式差价的理论价格为 $5e^{-0.08\times2/12} = 4.93$ 美元。

不幸的是，这种考虑方式过于粗心大意。因为 CBOE 的股票为美式期权，而盒式差价为 5 美元的收益是建立在欧式期权基础之上的。本例中的期权价格(由 DerivaGem 软件计算得出)如下表所示。一个行使价格为 55 美元和 60 美元的牛市差价的价格为 0.96 − 0.26 = 0.70(无论是对欧式还是美式期权，这个数量相同。如第 10 章所示，当股票无股息时，欧式期权的价格等于美式期权的价格)。一个由同样行使价格的欧式看跌期权所构成的熊市差价的价格为 9.46 − 5.23 = 4.23 美元，一个由同样行使价格的美式看跌期权所构成的熊市差价的价格为 10 − 5.44 = 4.56 美元。当差价期权由欧式期权构成时，两个差价期权的组合费用为 0.70 + 4.23 = 4.93 美元。这一数值刚好等于以上计算的理论价格。当差价期权由美式期权构成时，两个差价期权的组合费用为 0.70 + 4.56 = 5.26 美元。以 5.10 美元的价格卖出由美式期权所构成的盒式差价并不合算。在交易后，你会很快认识到这一点，因为交易涉及卖出一个行使价格为 60 美元的看跌期权，而期权在卖出后很快被行使。

期权类型	行使价格	欧式期权价格	美式期权价格
看涨	60	0.26	0.26
看涨	55	0.96	0.96
看跌	60	9.46	10.00
看跌	55	5.23	5.44

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

11.2.4 蝶式差价

蝶式差价(butterfly spread)策略由三种具有不同行使价格的期权组成。其构造方式为：买入一个具有较低行使价格 K_1 的看涨期权，再买入一个具有较高行使价格 K_3 的看涨期权，卖出两个行使价格为 K_2 的看涨期权，其中 K_2 为 K_1 与 K_3 的中间值。一般来说，K_2 接近于股票当前价格。这一交易策略的盈利见图 11-6。如果股票价格保持在 K_2 附近，蝶式差价会产生盈利，但如果股票价格远远偏离 K_2，则会有小量的损失。因此，蝶式差价对于那些认为股票价格不会有较大波动的投资者而言会非常合理。该策略需要少量的初始投资。蝶式期权的收益见表 11-4。

表 11-4 蝶式差价的收益

股价区间	第一个看涨期权长头寸的收益	第二个看涨期权长头寸的收益	看涨期权短头寸的收益	总收益
$S_T \leqslant K_1$	0	0	0	0
$K_1 < S_T < K_2$	$S_T - K_1$	0	0	$S_T - K_1$
$K_2 < S_T < K_3$	$S_T - K_1$	0	$-2(S_T - K_2)$	$K_3 - S_T$
$S_T \geqslant K_3$	$S_T - K_1$	$S_T - K_3$	$-2(S_T - K_2)$	0

注：计算总收益时采用了关系式 $K_2 = 0.5(K_1 + K_3)$

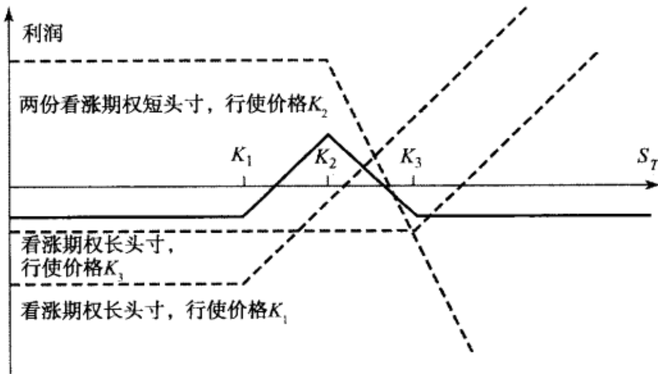


图 11-6 由看涨期权所构造的蝶式期权的收益

假定某股票的当前价格为 61 美元，某投资者认为在今后 6 个月股票价格不会发生重大变动。假定 6 个月看涨期权价格如下表所示：

行使价格(美元)	看涨期权价格(美元)
55	10
60	7
65	5

投资者可以买入行使价格为 55 美元的看涨期权，买入一个行使价格为 65 美元的看涨期权，并同时卖出两个行使价格为 60 美元的看涨期权来构造蝶式差价。构造这一蝶式差价的费用为 $10 + 5 - 2 \times 7 = 1$ 美元。如果 6 个月后股票价格高于 65 美元或低于 55 美元，蝶式差价的收益为 0，此时投资者的净损失为 1 美元；如果股票价格介于 56 ~ 64 美元之间，投资者会盈利；如果 6 个月时股票价格为 60 美元，投资者会有最大盈利，即 4 美元。

蝶式差价也可以由看跌期权来构成。投资者可以买入一个具有较低行使价格和一个具有较高行使价格的两个看跌期权，同时卖出两个具有平均行使价格的看跌期权，其收益如图 11-7 所示。以上考虑的蝶式差价可由买入一个行使价格为 55 美元的看跌期权，再买入一个行使价格为 65 美元的看跌期权并卖出两个行使价格为 60 美元的看跌期权构成。如果所有的期权均为欧式期权，

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

由看涨期权所构造的蝶式差价与由看跌期权所构造的蝶式差价完全一致。看跌－看涨期权平价关系可用来证明初始投资相同。

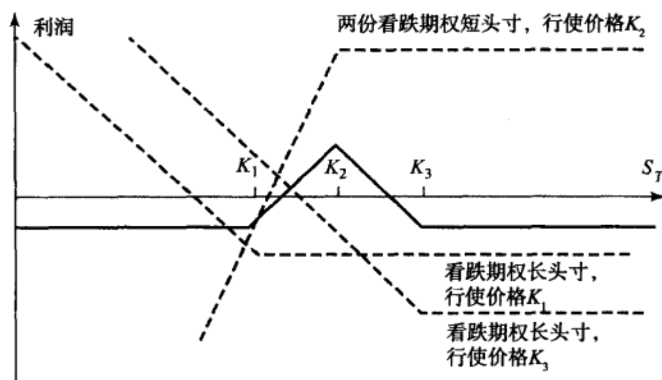


图 11-7 由看跌期权所构造的蝶式期权的收益

利用与以上相反的策略可以卖空蝶式差价，此时蝶式差价等于卖出两个行使价格分别为 K_1 和 K_3 的期权，买入两个具有平均行使价格 K_2 的期权。如果股票价格发生较大的变动，这一交易策略会有一定数量的盈利。

11.2.5 日历差价

到目前为止，我们一直假定构造差价期权的所有期权具有相同到期日。接下来讨论日历差价，这一差价期权中，构成期权具有相同的行使价格但具有不同的到期日。

日历差价可以由一个具有某一行使价格和一定期限的看涨期权的短头寸及一个具有同样行使价格但具有较长期限的看涨期权的长头寸来构成。期权的期限越长，期权的价格就越高，因此日历差价需要一定的初始投资。日历差价的盈利在短期限期权的到期日实现，这时需要假定长期限期权会被出售。图 11-8 说明了由看涨期权所构成的日历差价的盈利形式，其与图 11-6 中的蝶式差价期权相似。在短期限期权到期时，如果股票的价格接近短期限期权的行使价格，投资者就可以获得盈利。但是，如果股票价格远高于或远低于短期限期权的行使价格，投资者就会蒙受损失。

为了理解日历差价的盈利形式，我们首先考虑在期限较短的期权到期时，股票价格很低的情形。这时期限较短的期权的价值为 0，期限较长的期权的价格也接近 0，因此此时投资者的损失等于设定日历差价的初始费用。接下来考虑当期限较短的期权到期时，股票价格 S_T 很高的情形。期限较短的期权给投资者带来的费用为 S_T-K，期限长的期权的价格会比 S_T-K 更高些，这里 K 为期权的行使价格。这时投资者的净损失量也会同设定日历差价策略大体相同。如果 S_T 接近于 K，短期限期权给投资者带来的费用或者为 0 或者为一个小的数量，但是长期限期权仍很有价值，这时投资者会得到一笔可观的利润。

在一个**中性日历差价**(neutral calender spread)期权中，选取的行使价格接近于股票的当前价格。**牛市日历差价**(bullish calender spread)期权涉及较高的行使价格，而**熊市日历差价**(bearish calendar spread)期权涉及较低的行使价格。

倒置日历差价(reverse calender spread)的收益正好与图 11-8 和图 11-9 的形状相反。投资者买入期限较短的期权，并同时卖出期限较长的期权。当期限短的期权到期时，如果股票价格远高于或远低于短期限期权的行使价格，投资者可能就获得少量利润。但是，当股票价格接近该行使价格时，投资者会有一定的损失。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

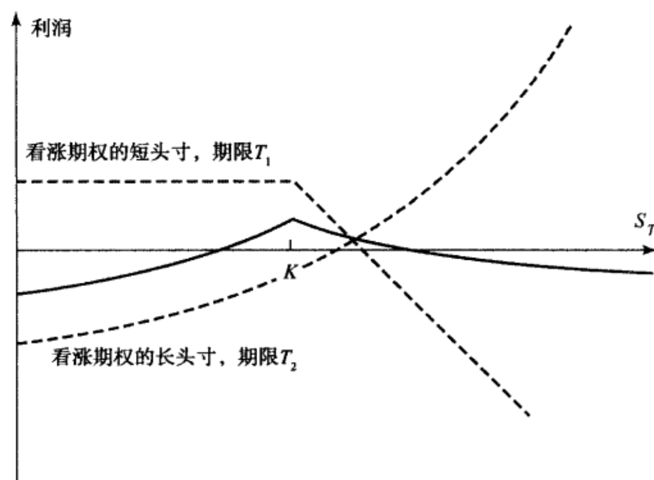


图 11-8 当 $T_2 > T_1$ 时，由两个看涨期权所构成的日历差价的盈利

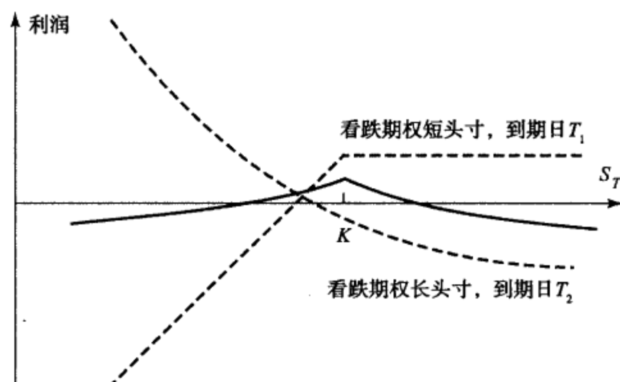


图 11-9 当 $T_2 > T_1$ 时，由两个看跌期权所构成的日历差价的盈利

11.2.6 对角差价

牛市、熊市及日历差价均可以由一看涨期权的长头寸和另一看涨期权的短头寸来构成。在牛市及熊市差价中，两个看涨期权的行使价格不同而到期日相同；对于日历差价，期权具有相同的行使价格但有不同的到期日。在一个**对角差价**(diagonal spread)中，两个看涨期权的行使价格及到期日均不相同。这一交易策略所产生的盈利范围可能会更广。

11.3 组合期权

组合期权(combination)是一种期权交易策略，这种交易策略包括对于同一种股票的看涨及看跌期权。我们将要考虑的组合期权包括**跨式组合**(straddle)、**序列组合**(strip)、**带式组合**(strap)和**异价跨式组合**(strangle)等。

11.3.1 跨式组合

一种比较流行的组合形式为跨式组合策略，该策略包括买入具有同样行使价格及期限的一个看涨期权和看跌期权。盈利形式见图 11-10，这里的行使价格被记为 K。在期权到期时，如果股

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

票价格接近于期权的行使价格，跨式组合会引发损失。但是，股票在任何方向有一个大的变动，跨式组合都会带来一个比较大的盈利。表 11-5 计算了跨式组合的收益。

表 11-5 跨式组合的收益

股价范围	看涨期权收益	看跌期权收益	总收益
$S_T \leqslant K$	0	$K-S_T$	$K-S_T$
$S_T > K$	S_T-K	0	S_T-K

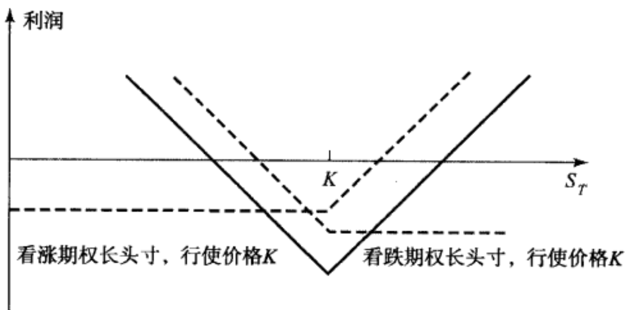


图 11-10 跨式组合的盈利

当投资者认为股票价格将有重大变动但又不确定变动方向时，可以采用跨式组合。某投资者认为一个当前价格为69 美元的股票在3 个月后价格会有重大变动，该投资者可以同时买入3 个月期限的看涨和看跌期权，期权的行使价格为 70 美元。假定看涨期权的成本为 4 美元，看跌期权的成本为 3 美元。如果股票价格保持在 69 美元不变，我们很容易得出这一交易策略给投资者带来的成本为 6 美元(初始投资为 7 美元，期权到期时，看涨期权价值为 0，看跌期权价值为 1 美元)。如果股票价格变为 70 美元，则会产生 7 美元的损失(这是可能会发生的最差情况)。但是如果股票价格上升到 90 美元，投资可获利 13 美元；如果股票价格降至 55 美元，投资者获利 8 美元。如业界实例 11-2 所示，投资者在进行一个跨式组合交易之前应仔细考虑，自己所预测的价格波动是否已在期权价格中有所体现。

业界实例 11-2　如何从跨式组合交易中盈利

假定某公司成为了被兼并的对象，或者公司卷入了某起法律诉讼，法律诉讼的结果即将公布。以上两种情形均会造成股票价格的大幅波动，这时你应该交易跨式组合吗？

交易跨式组合在此时看来很合理。但是，如果你的观点与市场上其他投资者的观点一致，这些观点将反映在期权价格上。此时该股票期权的价格要远远高于类似的，但没有预期的较大价格波动的股票期权的价格。因此，由图 11-10 所示的跨式组合交易的“V”字形盈利会降低。此时，为了获得盈利，股票价格的波动需要很大。

为了使得交易跨式组合成为有效的交易策略，你应该认为股票价格变动会很大，同时你的观点同其他大多数投资者的观点有所不同。市场价格包含了投资者的观点。为了从某投资策略中盈利，你必须同市场其他投资者的观点不同，同时你的观点还必须正确。

图 11-10 的跨式组合有时被称为**底部跨式组合**(bottom straddle)或**买入跨式组合**(straddle pur-

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

chase)。**顶部跨式组合**(top straddle)或**卖出跨式组合**(straddle write)的情形刚好相反。这种交易策略由卖出一个看涨期权和卖出一个看跌期权构成。该投资策略风险很大，如果在到期日股票价格接近于行使价格，投资者会有一定的利润。但是，股票价格的大幅波动所带来的损失可能也是无限的。

11.3.2 序列组合和带式组合

序列组合(strip)是具有相同行使价格和相同期限的一个看涨期权和两个看跌期权的组合。**带式组合**(strap)是具有相同行使价格和相同期限的两个看涨期权和一个看跌期权的组合。图 11-11 显示了序列组合和带式组合的盈利形式。在序列组合中，投资者是对股票价格的大幅变动进行下注，此时投资者认为价格下降的可能要大于价格上升的可能。在带式组合中，投资者也是对股票价格的大幅变动进行下注，但此时，投资者认为价格上升的可能大于价格下降的可能。

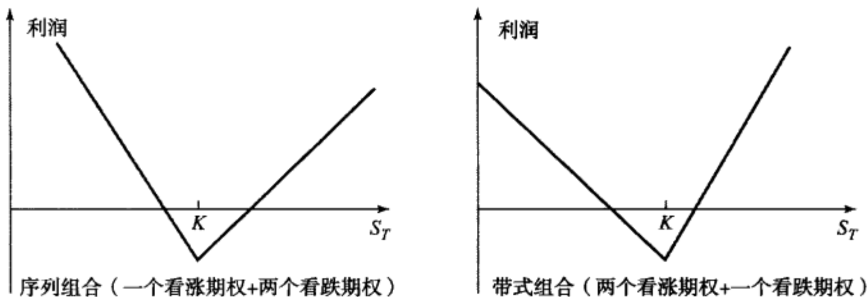


图 11-11 序列组合和带式组合的盈利

11.3.3 异价跨式组合

异价跨式组合(strangle)有时也被称为**底部垂直组合**(bottom vertical combination)。在这一交易策略中，投资者买入具有相同期限但具有不同行使价格的看跌和看涨期权。图 11-12 显示了其盈利形式。这里，看涨期权的行使价格 K_2 高于看跌期权的行使价格 K_1 。表 11-6 显示了异价跨式组合的收益。

异价跨式组合与跨式组合类似。投资者对于股票价格的大幅变动进行下注，但不确定朝哪个方向。比较图 11-12 和图 11-10，我们看到股票在异价跨式组合的变动要比在跨式组合的变动更大才能盈利。但是，当股票价格变动介于中间价格时，异价跨式组合的损失会更小。

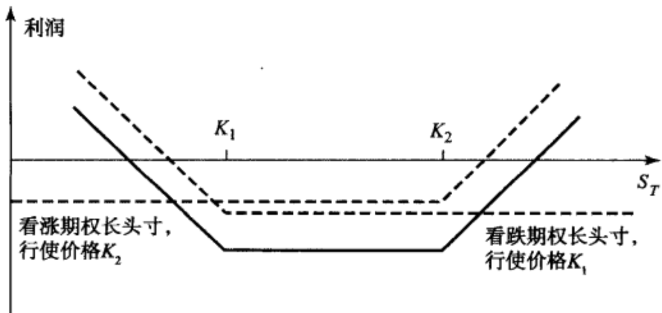


图 11-12 异价跨式组合的利润

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表 11-6 异价跨式组合的盈利

股价区间	看涨期权收益	看跌期权收益	总收益
$S_T \leqslant K_1$	0	$K_1 - S_T$	$K_1 - S_T$
$K_1 < S_T < K_2$	0	0	0
$S_T \geqslant K_2$	$S_T - K_2$	0	$S_T - K_2$

异价跨式组合所取得的盈利与行使价格之间的距离有关。距离越远，潜在的损失越小，但为了获得盈利，价格的变动也须很大。

有时，卖出一个异价跨式组合也被称为**顶部垂直组合**(top vertical combination)。如果投资者认为股票价格大幅变动不太可能，他就可以采用这一交易策略。类似于卖出跨式组合，这一交易策略的风险很大，投资者潜在的损失也为无限。

11.4 具有其他收益形式的期权

本章介绍了如何利用期权来产生几种有趣的收益与股票之间的关系式。如果在到期日，可交易的欧式期权的行使价格可取任何价位，那么从理论上而言，我们可以取得任何形式的收益。说明这一点最简单的方式会涉及一系列蝶式期权，蝶式期权可以通过买入具有行使价格 K_1 和 K_3 同时卖出两个行使价格为 K_2 的期权来实现，其中 $K_1 < K_2 < K_3$，并且 $K_3 - K_2 = K_2 - K_1$。图 11-13 说明了蝶式期权的收益。收益图形很像某种“尖刺”。当 K_1 与 K_3 离得越来越近时，这个尖刺变得越来越细。将一巨大数量具有尖刺收益的期权组合在一起，我们可以证明，任何形式的收益都可以近似取得。

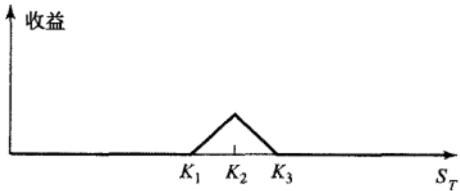


图 11-13 蝶式差价的收益

小 结

某些普通交易策略包括单一期权产品和标的股票。例如，卖出一个持保看涨期权包括购买股票和卖出对于该股票的看涨期权；一个保护性看跌期权包括买入一只股票并同时买入对于该股票的看跌期权。前者类似于卖出一个看跌期权；后者类似于买入一个看涨期权。

差价期权可能涉及持有两个或更多个看涨期权，也可能涉及持有两个或更多看跌期权。牛市差价由买入一个具有较低行使价格的看涨期权(看跌期权)，同时卖出一个具有较高行使价格的看涨期权(看跌期权)构成；熊市差价由买入一个具有较高行使价格的看跌期权(看涨期权)及卖出一个具有较低行使价格的看跌期权(看涨期权)构成；蝶式期权由买入一个具有较低价格和一个具有较高行使价格的看涨期权(看跌期权)及卖出两个具有中间行使价格的看涨期权(看跌期权)构成；日历差价由卖出一个短期限的看涨期权(看跌期权)，并买入一个较长期限的看涨(看跌期权)构成；对角差价包括买入一个期权和卖出一个期权，买入及卖出期权的期限及行使价格均不同。

组合期权包括持有同一股票的看涨和看跌期权。跨式组合包括持有一看涨期权的长头寸与一具有同一行使价格和期限的看跌期权的长头寸；序列组合包括持有一个看涨期权的长头寸和两个具有同一行使价格及期限的看跌期权的长头寸；带式组合包括持有两个看涨期权的长头寸和持有一个具有相同行使价格及期限的看跌期权的长头寸；一个异价跨式组合包括持有具有不同行使价

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

格但具有相同期限的看涨期权的长头寸及看跌期权的长头寸。运用期权还可以构造出许多有趣的产品收益。期权交易在将来会日趋广泛并会不断得到投资者的青睐，对于这一点，我们应不会感到奇怪。

推荐阅读

Bharadwaj, A., and J. B. Wiggins. "Box Spread and Put–Call Parity Tests for the S&P Index LEAPS Markets," *Journal of Derivatives*, 8, 4 (Summer 2001): 62–71.

Chaput, J. S., and L. H. Ederington. "Option Spread and Combination Trading," *Journal of Derivatives*, 10, 4 (Summer 2003): 70–88.

McMillan, L. G. *McMillan on Options*, 2nd edn. Hoboken, NJ: Wiley, 2004.

Rendleman, R. J. "Covered Call Writing from an Expected Utility Perspective," *Journal of Derivatives*, 8, 3 (Spring 2001): 63–75.

Ronn, A. G., and E. I. Ronn. "The Box-Spread Arbitrage Conditions," *Review of Financial Studies*, 2, 1 (1989): 91–108.

测验题

11.1 什么是保护性看跌期权？什么样的看涨期权头寸能等价于保护性看跌期权？

11.2 请解释熊市差价的两种构造方式。

11.3 对投资者而言，什么是购买蝶式期权的良好时机？

11.4 一个有效期为 3 个月的看涨期权的行使价格分别为 15 美元、17.5 美元和 20 美元，相应的期权价格分别为 4 美元、2 美元和 0.5 美元。请解释如何运用这些期权构造蝶式差价。画出一个图来说明蝶式期权的盈利随股票价格的变化关系。

11.5 采用什么样的交易可以产生倒置日历差价？

11.6 跨式组合与异价跨式组合的差别是什么？

11.7 一个行使价格为 50 美元的看涨期权的价格为 2 美元，一个行使价格为 45 美元的看跌期权的价格为 3 美元。请解释由这两种期权如何构成异价跨式组合，这一异价跨式组合的盈利图为何种形式？

练习题

11.8 利用看跌－看涨期权平价关系式说明，由看涨期权生成的牛市差价的初始投资与看跌期权生成的牛市差价的初始投资之间的关系。

11.9 请解释如何用看跌期权来构造激进的熊市差价。

11.10 假定行使价格为 30 美元和 35 美元的看跌期权的价格分别为 4 美元和 7 美元。如何利用这些期权来构造牛市差价和熊市差价。画图来说明这些期权的盈利及收益。

11.11 利用看跌－看涨期权平价关系式说明，欧式看跌期权所构成的蝶式差价的费用等于由欧式看涨期权所构成的蝶式差价的费用。

11.12 一个行使价格为 60 美元的看涨期权的价格为 6 美元，一个具有相同行使价格及期限的看跌期权的价格为 4 美元。制作一个表格来说明异价跨式组合的盈利？股票在什么价位时异价跨式组合会亏损？

11.13 制作一个表格来说明行使价格为 K_1 和 $K_2(K_2 > K_1)$ 的看跌期权所构成的牛市差价收益。

11.14 某投资者相信股票价格会有大幅变动，但对变动方向不确定。请解释投资者所能采用的 6 种不同交易策略，并解释交易策略的不同。

11.15 如何运用期权来构造具有确定交割价

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

格及交割时间的远期合约？

11.16 “盒式差价由四个期权构成，其中两个期权是用来生成远期合约的长头寸，另两个期权是用来生成远期合约的短头寸。”请解释以上观点。

11.17 在一个异价跨式组合中，如果看跌期权的行使价格高于看涨期权的行使价格，结果会怎么样？

11.18 澳元的当前价格为0.64美元，一个1年期的蝶式期权由行使价格为0.60美元、0.65美元和0.70美元的欧式看涨期权构成，美国和澳大利亚的无风险利率分别为5%和4%，汇率的波动率为15%。采用DerivaGem软件来计算生成蝶式差价的费用。证明：采用看跌期权的费用与采用看涨期权的费用相同。

作业题

11.19 三种对于同一股票并具有同样期限的看跌期权的行使价格分别为55美元、60美元和65美元，这三种期权的市场价格分别为3美元、5美元和8美元。请解释如何构造蝶式差价。画表说明这一策略的盈利形式。股票在什么价位时，这一交易策略会有损失？

11.20 一个对角差价由买入一个行使价格为K_2、期限为T_2的欧式看涨期权以及卖出一个行使价格为K_1、期限为T_1的欧式看涨期权构成，这里$T_2 > T_1$，对以下两种情况画出盈利图：$K_2 > K_1$；$K_2 < K_1$。

11.21 画出以下几种投资者的交易组合与股票价格之间的盈亏关系图：

(a) 持有一只股票并持有一个看涨期权的短头寸

(b) 持有两只股票并持有一个看涨期权的短头寸

(c) 持有一只股票并持有两个看涨期权的短头寸

(d) 持有一只股票并持有四个看涨期权的短头寸

对于以上不同情形，假定看涨期权的行使价格等于股票当前价格。

11.22 假定一个不付股息的股票的价格为32美元，股票价格波动率为30%，对于不同期限的无风险利率为年率5%。采用DerivaGem软件来计算以下几种交易策略的费用，对于每种情形请画表说明盈利与最终股票价格之间的关系，在分析中忽略贴现效应。

(a) 由行使价格分别为25美元和30美元，期限为6个月的欧式看涨期权所组成的牛市差价

(b) 由行使价格分别为25美元和30美元，期限为6个月的欧式看跌期权所组成的熊市差价

(c) 由行使价格分别为25美元、30美元和35美元，期限为1年的欧式看涨期权所组成的蝶式差价

(d) 由行使价格分别为25美元、30美元和35美元，期限为1年的欧式看跌期权所组成的蝶式差价

(e) 由行使价格为30美元、期限为6个月的期权所组成的跨式组合

(f) 由行使价格分别为25美元和30美元、期限为6个月的期权所组成的异价跨式组合

11.23 当到期日相同时，由一个跨式组合的长头寸和一个跨式组合的短头寸组成的组合相当于什么头寸？假设组合的行使价格是两个跨式组合的平均值。

11.24 由一个行使价格为K_2的看涨期权长头寸和一个行使价格为K_1的看跌期权短头寸组成的组合交易头寸是什么？假设$K_2 > K_1$，到期日相同。当$K_2 = K_1$时，头寸有何变化？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

12 CHAPTER

第 12 章

二叉树简介

期权定价领域中一个有用并很常见的工具就是所谓的**二叉树**(binomial tree)方法，这里的二叉树是指代表在期权期限内可能会出现的股票价格变动路径的图形。本章首先简要介绍一下二叉树方法，并解释二叉树方法与著名的风险中性定价理论的关系。在这里，我们采用的方法与考克斯(Cox)、罗斯(Ross)及鲁宾斯坦(Rubinstein)在 1979 年所发表的一篇重要文章中的方法相似。⊖

本章的内容很重要，原因有三。首先，本章解释了用于定价期权的无套利理论的本质；其次，介绍了二叉树的数值方法，该方法被广泛应用于定价美式期权和其他衍生品；最后，介绍了一个非常有用的原理，即风险中性定价。

我们将在第 18 章对二叉树数值方法进行更为详尽的讨论。

12.1 单步二叉树模型

我们由一个简单的例子入手。假设某股票的当前价格为 20 美元，并且已知在 3 个月后股票价格将变为 22 美元或 18 美元。我们希望找出在 3 个月后能够以 21 美元买入股票的欧式看涨期权价格。这个期权在 3 个月后将具有以下两个价格中的一个：如果股票价格变为 22 美元，期权价格为 1 美元；如果股票价格为 18 美元，期权价格为 0。如图 12-1 所示。

可以发现，对此例中的期权可以采用一个比较简单的方式进行定价。定价过程中唯一需要的假设是市场上没有套利机会。我们可以构造一个股票和期权的组合，并使得这一组合在 3 个月后的价值没有不确定性。由此我们知道，因为这一组合没有任何风险，其收益率一定等于无风险利率。这样就得出构造这一交易组合的成本，并因此得出期权的价格。因为这里有两种证券(股票

⊖ 考克斯、罗斯及鲁宾斯坦的二叉树模型也被称为 CRR 模型。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

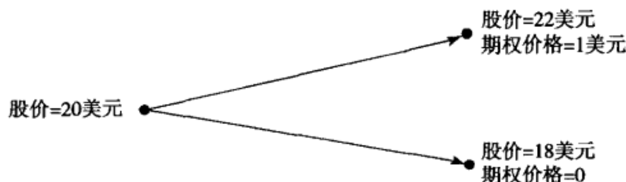


图 12-1 股票价格的数值化实例

及股票期权）并只有两种不同的可能性，因此我们总是可以构造出无风险证券组合。

考虑某交易组合，其构成为 Δ 股股票的长头寸及一个看涨期权的短头寸，我们将求出使得交易组合成为无风险的 Δ（Δ 是希腊字母“delta”的缩写）。当股票价格由 20 美元变为 22 美元时，所持股票的价值变为 22 Δ，期权的价格变为 1 美元，证券组合的整体价值为 22 Δ －1；当股票的价格由 20 美元变为 18 美元时，所持股票的价值变为 18 Δ，期权的价值为 0，证券组合的整体价值为 18Δ。如果证券组合在以上两个终端价值相等，则该组合不具有任何风险，这意味着：

$$22\Delta - 1 = 18\Delta$$

即

$$\Delta = 0.25$$

因此，无风险交易组合为：

- 长头寸：0.25 股股票；
- 短头寸：1 份期权。

如果股票价格上涨为 22 美元，组合价值为：

$$22 \times 0.25 - 1 = 4.5 \text{ 美元}$$

如果股票价格下跌到 18 美元，组合价值为

$$18 \times 0.25 = 4.5 \text{ 美元}$$

无论股票价格是上涨还是下跌，在期权到期时交易组合的价格总是 4.5 美元。这表明 Δ 股股票可以用来对冲一个期权的短头寸。Δ 是希腊值（Greek Letters）之一，我们将在第 17 章进一步讨论希腊值。

在无套利机会的前提下，无风险交易组合的收益率等于无风险利率。假设这时的无风险利率为年率 12%，因此该交易组合今天的价值必须为 4.5 美元的贴现值，即

$$4.5e^{-0.12\times3/12} = 4.367 \text{ 美元}$$

股票今天的价值为 20 美元，如果期权的价格记为 f，那么交易组合在今天的价值为

$$20 \times 0.25 - f = 5 - f$$

因此

$$5 - f = 4.367$$

即

$$f = 0.633 \text{ 美元}$$

以上讨论说明，在无套利前提下，期权的当前价值为 0.633 美元。如果期权价值高于 0.633 美元，那么构造交易组合的费用就会低于 4.367 美元，而交易组合的收益率就会高于无风险利率；如果期权价值低于 0.633 美元，那么卖空这一交易组合将会提供一个低于无风险利率的借款机会。

12.1.1 推广

我们可以将以上结论进行推广。假定股票的价格为 S_0，该股票一个期权的价格为 f。假定期

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

权的期限为 T，在期权有效期内，股票价格或者会由 S_0 上涨到 S_0u，或者会由 S_0 下跌到 S_0d（$u>1$；$d<1$）。当股票价格上涨时，其增长的比率为 $u-1$；当股票价格下跌时，其下跌的比率为 $1-d$。假设如果股票价格变到 S_0u，相应的期权价格则为 f_u；如果股票价格变为 S_0d，期权价格则为 f_d。结果如图 12-2 所示。

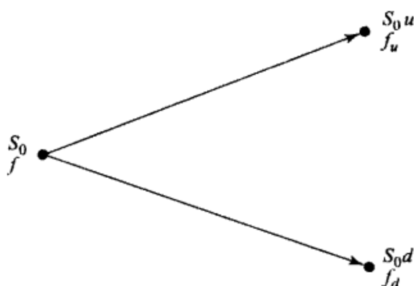


图 12-2 在一个单步二叉树中的股票价格和期权价格

如上所述，考虑一个由 Δ 股股票的长头寸与一个期权的短头寸所组成的交易组合，我们可以找到一个 Δ 使得交易组合不具有任何风险。如果股票价格上涨，在期权到期时交易组合的价值为

$$S_0u\Delta - f_u$$

如果股票价格下跌，期权到期时组合的价值为

$$S_0d\Delta - f_d$$

令以上两个价值相等，即

$$S_0u\Delta - f_u = S_0d\Delta - f_d$$

得出

$$\Delta = \frac{f_u - f_d}{S_0u - S_0d} \qquad (12\text{-}1)$$

这时交易组合是无风险的，因此其收益率必须等于无风险利率。式(12-1)表示，当股票在两个节点之间变动时，Δ 为期权价格变化与股票价格变化的比率。

如果将无风险利率记为 r，那么交易组合的贴现值为

$$(S_0u\Delta - f_u)e^{-rT}$$

而构造交易组合的起始成本为

$$S_0\Delta - f$$

所以

$$S_0\Delta - f = (S_0u\Delta - f_u)e^{-rT}$$

即

$$f = S_0\Delta(1 - ue^{-rT}) + f_ue^{-rT}$$

将式(12-1)中的 Δ 代入上式并化简，得到

$$f = e^{-rT}[pf_u + (1-p)f_d] \qquad (12\text{-}2)$$

其中

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d} \qquad (12\text{-}3)$$

当股票价格由二叉树给定时，式(12-2)和式(12-3)可以用来对期权进行定价。这里唯一的假设是无套利机会。

在前面的数值例子中(见图 12-1)，$u=1.1$，$d=0.9$，$r=0.12$，$T=0.25$，$f_u=1$，$f_d=0$，由式(12-3)，我们得出

$$p = \frac{e^{0.12\times3/12} - 0.9}{1.1 - 0.9} = 0.6523$$

由式(12-2)，我们得出

$$f = e^{-0.12\times0.25}(0.6523\times1 + 0.3477\times0) = 0.633$$

这一结果与本节开始时所得结果是一致的。

12.1.2 股票预期收益的无关性

期权定价公式(12-2)中没有涉及股票价格上涨或下跌的概率。例如，当股票价格上涨概率为

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

0.5 时所得的欧式期权价格与股票价格上涨概率为 0.9 时所得的欧式期权价格相等。这一点令人惊讶，似乎与我们的直觉不符。我们会很自然地认为当股票价格上涨的概率增大时，该股票的看涨期权价格也会上涨，同时其看跌期权价格会下跌。但事实并非如此。

造成这一现象的关键原因是，我们并不是在一个绝对的条件下对期权进行定价，而是根据股票的价格来计算期权的价格。未来上涨与下跌的概率已经包括在股票的价格之中。因此，当根据股票价格对期权进行定价时，我们无须再次考虑股票上涨和下跌的概率。

12.2 风险中性定价

现在我们要介绍一下在衍生品定价中非常重要的原理，即风险中性定价。这个原理阐明在定价衍生品时，我们可以假设投资者是**风险中性**(risk neutral)的。风险中性的投资者无须提高投资预期收益来补偿增加的风险，这被称为**风险中性世界**(risk-neutral world)。当然，我们日常生活的世界并不是风险中性世界，投资者的风险越高，他们所要求的回报也越高。但是通过假设风险中性世界而得到的期权价格不仅在风险中性世界适用，而且在我们日常生活的世界中此价格也适用。

当你第一次遇到风险中性定价原理时，或许你会很惊讶，期权是有风险的投资，难道投资者的风险偏好会不影响如何定价吗？答案在于，当我们用标的股票作为单位对期权进行定价时，投资者的风险并不重要。当投资者变得越来越厌恶风险时，股票价格下降，但期权价格相对于股票价格的公式仍然不变。

风险中性世界有两个特性，这些特性简化了衍生品定价：

- *股票(或者任何其他投资)的预期回报为无风险利率；*
- *用于贴现期权(或者任何其他衍生品)预期收益的利率为无风险利率。*

为了显示风险中性定价结果，我们回到图 12-2，在推导式(12-2)和式(12-3)的过程中，虽然不需要对股票价格上涨与下跌的概率做出任何假设，但仍然会很自然地将图(12-2)中的变量 p 理解为股票价格上涨的概率，于是变量 $1-p$ 也就对应股票价格下跌的概率，因此表达式 $pf_u+(1-p)f_d$ 就是期权的预期收益。按照对于 p 的这种理解，式(12-2)可以表述为：期权今天的价值等于其预期收益的贴现值。

现在研究一下当上涨概率为 p 时，股票的预期收益为多少。在 T 时刻，股票价格的预期值为

$$E(S_T) = pS_0u + (1-p)S_0d$$

即

$$E(S_T) = pS_0(u-d) + S_0d$$

将式(12-3)中的 p 代入公式，得出

$$E(S_T) = S_0e^{rT} \tag{12-4}$$

以上公式说明：股票价格平均按无风险利率增长。因此，股票价格上涨概率为 p，等价于股票的收益率为无风险利率。

这里的概率 p 并非现实世界中股票价格上涨的概率，如式(12-4)说明，p 是风险中性世界中价格上涨的概率，在这一世界中，所有资产的预期回报等于无风险利率 r。在这样的一个世界中，投资者对风险不要求任何补偿，对预期回报的贴现率等于无风险利率，在这一原则下，我们可得出由式(12-2)所表达的定价模型。

风险中性定价是衍生产品领域的一个重要结论，风险中性定价原理说明：在期权定价时我们可以放心地假设世界为风险中性，由此得出的期权公式不仅在风险中性世界是正确的，在其他世界也是正确的。我们还说明了当用一个简单的二叉树模型模拟股票的价格演进时，风险中性定价

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

是正确的。可以证明，不管如何假设股票价格的变化，这一结果都是正确的。

12.2.1 再论单步二叉树实例

现在回到图 12-1 所示的实例，并以此说明风险中性定价同我们所给出的无套利定价结果的一致性。在图 12-1 中，股票的当前价格为 20 美元，3 个月后的股票价格要么变成 22 美元要么变为 18 美元。这里考虑的期权为欧式期权，期权的行使价格为 21 美元，期限为 3 个月，无风险利率为 12%。

我们定义 p 为风险中性世界中股票价格上涨的概率，可以由式(12-3)来计算 p。另外一种办法是利用在风险中性世界中，股票的预期收益率一定等于无风险利率，这意味着 p 必须满足

$$22p + 18(1 - p) = 20e^{0.12\times3/12}$$

即

$$4p = 20e^{0.12\times3/12} - 18$$

因此 $p = 0.652\,3$。

在第 3 个月后，看涨期权价值为 1 所对应的概率为 0.652 3；看涨期权价值为 0 所对应的概率为 0.347 7。因此，期权的预期值为

$$0.652\,3 \times 1 + 0.347\,7 \times 0 = 0.652\,3$$

在风险中性世界，以上数量应以无风险利率进行贴现，因此期权今天的价格为

$$0.652\,3e^{-0.12\times3/12}$$

即 0.633 美元。这与前面所得的值相同，说明无套利方法与风险中性定价所给出的结果是一致的。

12.2.2 现实世界与风险中性世界

我们应该强调 p 为风险中性世界中股票价格上涨的概率。通常来说，这一概率与现实世界中股票价格上涨的概率是不同的。在我们的实例中 $p = 0.6523$。当价格上涨的概率为 0.652 3 时，股票和期权的预期收益率为 12%。假设在真实世界中股票的预期收益率为 16%，q 代表真实世界中股票价格上涨的概率。那么

$$22q + 18(1 - q) = 20e^{0.16\times3/12}$$

因此得出 $q = 0.704\,1$。

这时在真实世界中期权的预期收益为

$$q \times 1 + (1 - q) \times 0$$

即 0.704 1。遗憾的是，我们并不知道到底用什么样的贴现率来对以上的预期值进行贴现。期权头寸比股票头寸的风险更大，因此对于期权预期收益的贴现率要比 16% 更高。在不知道期权价格的情况下，我们也不知道贴现率超出 16% 的数量是多大。⊖在风险中性世界，所有资产的预期收益率和对预期收益的贴现率均为无风险利率，因此采用风险中性定价方法十分简便。

12.3 两步二叉树

我们可以将以上分析推广到图 12-3 所示的两步二叉树情形。这时股票初始价格为 20 美元，在树中的任意一步之间，股票价格或上涨 10% 或下跌 10%。假定树中每一步的步长均为 3 个月，无风险利率为 12%。与前面一样，我们考虑期权的行使价格为 21 美元。

⊖ 因为期权价格为 0.633，我们可以得出相应的贴现率为 42.58%，因为 $0.633 = 0.704\,1e^{-0.4258\times3/12}$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

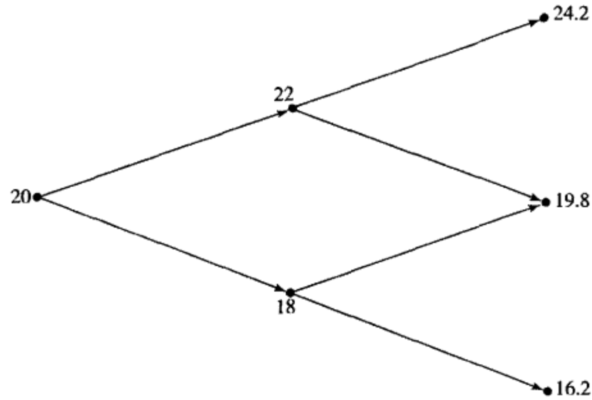


图 12-3　两步二叉树中的股票价格

这里计算的目的是计算在初始点时的期权价格。我们可以重复利用上一节的定价原理来对这个期权进行定价。图 12-4 与图 12-3 类似，其不同之处在于，在图 12-4 的节点上既显示了股票价格也显示了期权价值(节点上面的数字为股票价格，下面的数字为期权价值)。树中最后一层节点上的期权价格很容易求得，它们等于期权的收益值：在节点 D，股票价格为 24.2，期权价格为 24.2 − 21 = 3.2；在节点 E 及 F，期权处于虚值状态，因此相应的期权价格为 0。

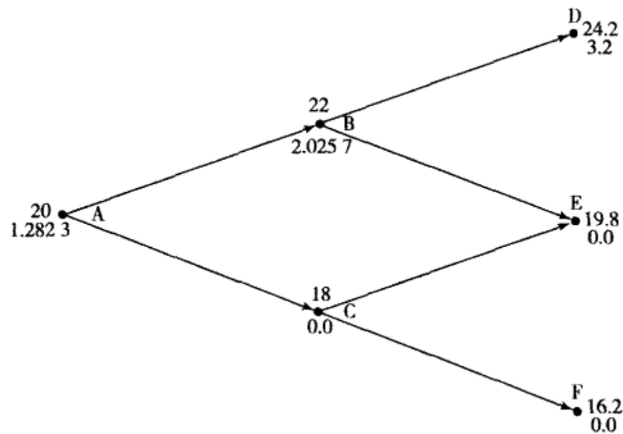


图 12-4　两步二叉树的股票价格及期权价格

在节点 C，期权的价格为 0，这是因为节点 C 的价值来自于节点 E 和 F，而在这两个节点上期权价值均为 0。考虑图 12-5 所示的二叉树，并由此求得在节点 B 上的期权价值。利用本章前面引入的符号，$u = 1.1$，$d = 0.9$，$r = 0.12$，$T = 0.25$，因此 $p = 0.6523$，由式(12-2)可以得出在节点 B 上，期权价值为

$$e^{-0.12\times3/12}(0.652\,3\times3.2+0.347\,7\times0)=2.025\,7$$

最后要计算节点 A 上的期权价值。为此考虑二叉树的第 1 步。已知期权在节点 B 上的价格为 2.0257，在节点 C 上的价值为 0，由式(12-2)得出，在节点 A 上，期权价值为

$$e^{-0.12\times3/12}(0.652\,3\times2.025\,7+0.347\,7\times0)=1.2823 \text{ 美元}$$

注意，在以上例子中，u 以及 d (股票上涨和下跌的比

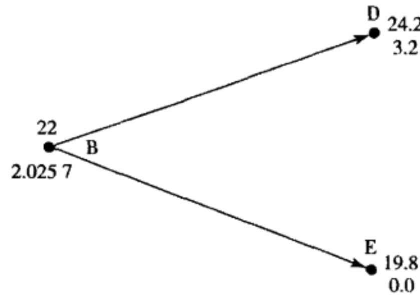


图 12-5　估计节点 B 上的期权价格

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

率)在每一节点上均相同，而且树中每一步的步长也均相等。因此，由式(12-3)所计算的风险中性概率 p 在每一个节点上也均相同。

推广

由图 12-6 可以得出关于两步二叉树的一般结论。初始股票价格为 S_0。在二叉树的每一步，股票价格或者上涨到初始价格的 u 倍，或者下跌到初始价格的 d 倍，期权价值显示在树中(例如，在股票价格上涨两次后，期权价值为 f_{uu})。我们假定无风险利率为 r，二叉树的步长为 Δt 年。

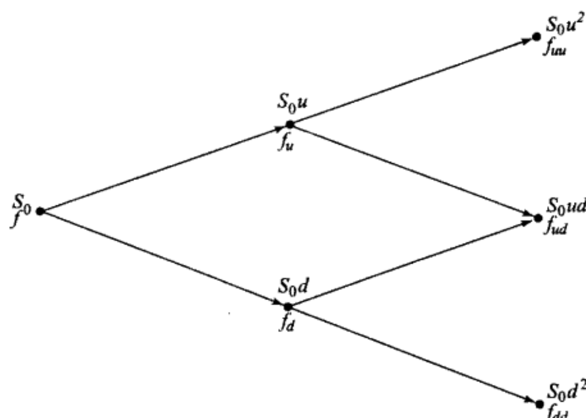


图 12-6　一般两步二叉树中的股票价格和期权价格

因为步长为 Δt，式(12-2)和式(12-3)变形为

$$f = e^{-r\Delta t}[pf_u + (1-p)f_d] \tag{12-5}$$

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \tag{12-6}$$

重复应用式(12-5)，得出

$$f_u = e^{-r\Delta t}[pf_{uu} + (1-p)f_{ud}] \tag{12-7}$$

$$f_d = e^{-r\Delta t}[pf_{ud} + (1-p)f_{dd}] \tag{12-8}$$

$$f = e^{-r\Delta t}[pf_u + (1-p)f_d] \tag{12-9}$$

将式(12-7)和式(12-8)代入式(12-9)，得出

$$f = e^{-2r\Delta t}[p^2f_{uu} + 2p(1-p)f_{ud} + (1-p)^2f_{dd}] \tag{12-10}$$

以上结论与前面提到的风险中性定价理论是一致的。变量 p^2、$2p(1-p)$、$(1-p)^2$ 分别对应于股票价格取上、中、下三个节点上的值的概率。期权价格等于其在风险中性世界中的预期收益以无风险利率进行贴现所得的数量。

当增加二叉树的步数时，风险中性定价理论依然适用。期权的价格总是等于其在风险中性世界中的预期收益以无风险利率进行贴现所得的数量。

12.4　看跌期权实例

本章所描述的方法既可用于对看涨期权定价也可以用于对看跌期权进行定价。考虑一个两年期的欧式看跌期权，期权行使价格为 52 美元，股票当前价格为 50 美元。假定股票价格服从两步二叉树，二叉树的步长为 1 年。在二叉树的每一步上，股票价格或者按比例上涨 20%，或者按比例下跌 20%，假定无风险利率为 5%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

二叉树如图 12-7 所示，此时 $u = 1.2$，$d = 0.8$，$\Delta t = 1$ 及 $r = 0.05$。由式(12-6)可以得出风险中性概率 p 为

$$p = \frac{e^{0.05\times 1} - 0.8}{1.2 - 0.8} = 0.6282$$

最终股票的价格为 72 美元、48 美元和 32 美元。此时，$f_{uu} = 0$，$f_{ud} = 4$，$f_{dd} = 20$。由式(12-10)，我们有

$$f = e^{-2\times 0.05\times 1}(0.6282^2 \times 0 + 2 \times 0.6282 \times 0.3718 \times 4 + 0.3718^2 \times 20) = 4.1923$$

看跌期权的价值为 4.192 3 美元。这一结果也可以由式(12-5)并从树的最后一步向前倒推得出。图 12-7 显示了计算的中间过程。

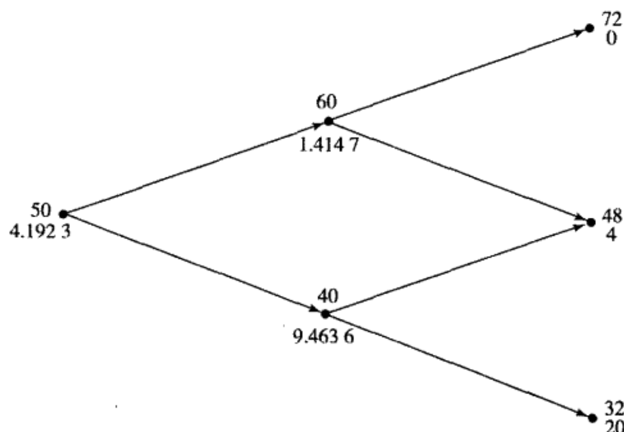


图 12-7　利用两步二叉树对欧式看跌期权进行定价

注：每个节点上面的数字为股票价格，下面的数字为期权价值。

12.5　美式期权

截至目前，我们考虑的期权都是欧式期权，接下来考虑如何用图 12-4 和图 12-7 中所描述的二叉树来对美式期权进行定价。定价的流程从树的底部出发以倒推的形式推算到树的初始点，在树的每一个节点我们需要检验提前行使期权是否为最优。在树的底部，期权的价格等于欧式期权的价格，在底部之前的任何一个节点上，期权的价格等于以下数量的较大值：

- 由式(12-5)所计算的值；
- 提前行使期权的收益。

图 12-8 显示了当期权为美式期权而不是欧式期权时，图 12-7 将如何变化。股票价格及上下变动的概率没有任何改变，期权在最后节点的价格也没有改变。在节点 B 上，式(12-2)所得出的数量为 1.414 7，同时提前行使期权的对应收益为负值(−8)。显然在 B 节点提前行使期权不会是最优，因此在该节点上，期权价格为 1.414 7。在节点 C 上，式(12-5)所计算出的期权价值为 9.463 6，提前行使期权的收益为 12。这时，提前行使期权为最优，因此在该节点上期权价值为 12。在最初的节点 A 上，式(12-5)所计算的数量为

$$e^{-0.05\times 1}(0.6282 \times 1.4147 + 0.3718 \times 12) = 5.0894$$

提前行使期权的收益为 2，此时提前行使期权不为最优。因此，期权价值为 5.089 4 美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

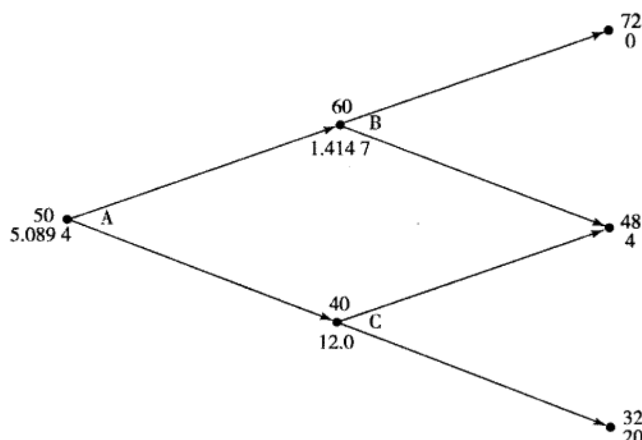


图 12-8 利用两步二叉树对美式看跌期权进行定价

注：每个节点上面的数字为股票价格，下面的数字为期权价值。

12.6 Delta

我们现在讨论变量 Delta，Delta 变量是期权定价以及对冲过程中很重要的参数。

一个股票期权的 Delta 为期权价格变化同股票价格变化之间的比率，这一变量是期权的短头寸方为了实现无风险对冲而买入股票的数量，其等于本章前面所引入的 Δ。无风险对冲有时也被称为 **Delta 对冲**(delta hedging)。看涨期权的 Delta 为正，看跌期权的 Delta 为负。

由图 12-1 可以计算出所考虑的看涨期权 Delta 为

$$\frac{1-0}{22-18}=0.25$$

因为当股票由 18 美元变为 22 美元时，期权价格由 0 美元变为 1 美元。

在图 12-4 中，当股票价格变到第 1 步时，期权的 Delta 为

$$\frac{2.0257-0}{22-18}=0.5064$$

如在第 1 步后股票价格上涨，第 2 步的 Delta 为

$$\frac{3.2-0}{24.2-19.8}=0.7273$$

如在第 1 步后股票价格下跌，在第 2 步的 Delta 为

$$\frac{0-0}{19.8-16.2}=0$$

由图 12-7 得出，第 1 步后的 Delta 为

$$\frac{1.4147-9.4636}{60-40}=-0.4042$$

第 2 步后 Delta 等于

$$\frac{0-4}{72-48}=-0.1667$$

或

$$\frac{4-20}{48-32}=-1.0000$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

两步二叉树说明，Delta 值随着时间变化而变化（在图 12-4 中，Delta 从 0.506 4 变化为 0.727 3或0；在图 12-7 中，Delta 从 -0.404 2 变化为 -0.166 7 或 -1.000）。因此，采用期权或股票进行无风险对冲时，我们需要调整所持股票的数量。在第 13 章和第 17 章中还将对期权的这一特性进行讨论。

12.7 确定 u 和 d

到目前为止，我们对 u 和 d 的数量进行了假设，例如在图 12-8 中，假定 $u=1.2, d=0.8$。在实践中，u 和 d 是由股票价格的波动率 σ 所决定的，公式为

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \tag{12-11}$$

$$d = \frac{1}{u} \tag{12-12}$$

其中，Δt 为二叉树的步长。我们将在第 18 章对以上公式做进一步的解释。定义二叉树的全套公式为式(12-11)、式(12-12)及式(12-6)，可以表达为

$$p = \frac{a-d}{u-d} \tag{12-13}$$

其中

$$a = e^{r\Delta t} \tag{12-14}$$

再考虑图 12-8 中的美式看跌期权，其中股票价格为 50 美元，行使价格为 52 美元，无风险利率为 5%，期权期限为 2 年，二叉树包含两步，此时 $\Delta t=1$。假定波动率 σ 为 30%，由式(12-11)至式(12-14)，我们得出

$$u = e^{0.3\times\sqrt{1}} = 1.349\ 9$$

$$d = \frac{1}{1.349\ 9} = 0.740\ 8$$

$$a = e^{0.05\times 1} = 1.051\ 3$$

$$p = \frac{1.051\ 3-0.740\ 8}{1.349\ 9-0.740\ 8} = 0.509\ 7$$

定价二叉树在图 12-9 中有所显示。期权价格为 7.43。这与图 12-8 中假定 $u=1.2$ 和 $d=0.8$ 所得出的价格是不同的。

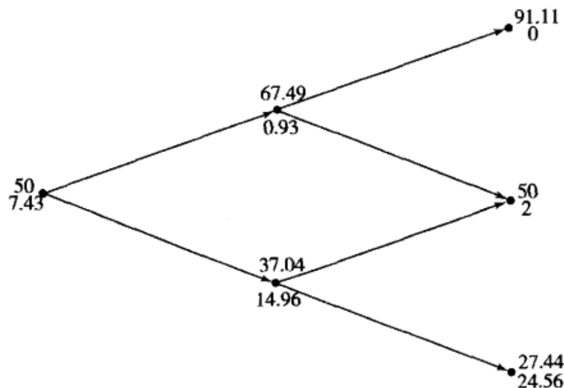


图 12-9 用两步二叉树对一个 2 年期的看跌期权进行定价

注：股票价格为 50，行使价格为 52，无风险利率为 5%，波动率为 20%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

12.8 增加二叉树的时间步数

到目前为止，我们所列举的二叉树都非常简单。显而易见，如果一个分析员假定在期权期限内价格变化只由一步或两步二叉树来表达，那么由此得出的期权价格只是一个非常粗略的近似。

在实践中应用二叉树时，期权的期限通常会被分割成 30 或更多的步数。在每一个时间步，股票价格变动由一个单步二叉树来表示。在 30 个时间步中，总共有 31 个最终股票价格，并且有 2^{30} 即大约 10 亿种可能的股票价格路径。

定义树形结构为式(12-11)至式(12-14)，这与时间步长无关。例如，假定图 12-9 中的二叉树为 5 步而不是 2 步，相应的参数为 $\Delta t=2/5=0.4$，$r=0.05$ 和 $\sigma=0.3$。相应参数 $u=e^{0.3\times\sqrt{0.4}}=1.2089$，$d=1/1.2089=0.8272$，$a=e^{0.05\times0.4}=1.0202$ 以及 $p=(1.0202-0.8272)/(1.0202-0.8272)=0.5056$。

使用 DerivaGem 软件

本书最后提到的 DerivaGem 软件对读者了解二叉树非常有用。用户可根据书后的说明将软件装在自己的计算机上，然后可以采用“Equilty_Fx_Index_Futures_Options”工作页来进行计算，在计算中选择“股本”(Equity)作为“标的资产类型”(Underlying Type)，选择“二叉树美式”(Binominal American)作为“期权类型”Option Type。选定股价、波动率、无风险利率、到期日、行使价格及树的步数分别为 50、30%、5%、2、52 和 2，点击“看跌期权”(put)键及“计算”(Calculate)键。期权价格为 7.428，这一价格显示在名为“价格”(Price)的小格中。点击“显示二叉树”(Display Tree)，用户可以看到类似于图 12-9 的图形(红色数字对应于期权将被行使的节点)。

返回到“Equilty_Fx_Index_Futures_Option”工作页并将时间步数改为 5 步，按回车键并点击“计算”键。你将发现期权价格变为 7.671，点击“显示二叉树”，一个 5 步的树形及 u、d、a 和 p 的数值将会显示出来。

DerivaGem 可以显示的树形最多为 10 步，但计算量最多可以到 500 步。在我们的实例中，500 步树所对应的期权价格(精确到小数点第 2 位)为 7.47，这是一个非常精确的结果。将“期权类型”选为“二叉树欧式”(Binomial European)，可以对欧式期权进行定价。选用 500 步所得结果与具有同样参数的美式期权为 6.76(将期权类型改为“解析欧式”(Analytic European)，我们可以显示下一章将讨论的布莱克－斯科尔斯(布莱克－斯科尔斯)公式所得的结果，解析公式的结果也为 6.76)。通过改变“标的资产类型”，我们也可以分析标的资产并非为股票的期权，接下来讨论这些期权。

12.9 其他标的资产的期权

在第 9 章，我们介绍了股指期权、货币期权和期货期权，在第 15 章和第 16 章还要进一步讨论这些期权。事实上，我们可以采用几乎同构造股票期权一样的方法来构造二叉树，唯一的变化是概率 p 的计算有所改变。像对股票期权定价那样，我们仍采用式(12-2)，即每一个节点的期权价格(在行使权力被考虑之前)等于 p 乘以价格上涨所对应的数值加上 $1-p$ 乘以价格下跌所对应的数值，并以无风险利率进行贴现。

12.9.1 有连续股息收益股票的期权

首先考虑一个具有连续股息收益率 q 的股票。在风险中性世界中，股息加上资产收益(capital

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

gain）等于 r，股息收益为 q，因此资本收益率为 $r-q$。如果股票今天价格为 S_0，在步长为 Δt 时第 1 步后股票的预期值为 $S_0e^{(r-q)\Delta t}$，因此

$$pS_0u + (1-p)S_0d = S_0e^{(r-q)\Delta t}$$

即

$$p = \frac{e^{(r-q)\Delta t} - d}{u - d}$$

与计算无股息股票期权类似，我们将 u 设为 $u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$、$d=1/u$，以保持波动率相同。这意味着我们可以采用式(12-11)到式(12-14)，而计算中唯一的改动为 $a=e^{(r-q)\Delta t}$（而不是 $a=e^{r\Delta t}$）。

12.9.2 股指期权

第 5 章计算股指的期货价格时，我们曾假定股息收益率为 q，这里采用类似假设。对于股指期权的定价类似于对连续股息股票期权的定价。例 12-1 说明了这一点。

【例 12-1】 股指期权

某股指的当前价格为 810，波动率为 20%，股息收益率为 2%，无风险利率为 5%。图 12-10 显示了 DerivaGem 对于一个行使价格为 800、期权为 6 个月的欧式看涨期权的定价结果。在计算中采用了两步二叉树，这时 $\Delta t = 0.25$，$u=e^{0.20\times\sqrt{0.25}} = 1.105\ 2$，$d = 1/u = 0.904\ 8$，$a=e^{(0.05-0.02)\times 0.25} = 1.007\ 5$，$p = \frac{1.007\ 5 - 0.904\ 8}{1.105\ 2 - 0.904\ 8} = 0.512\ 6$ 期权价格为 53.39。

DerivaGem 输出结果

在每个节点：
上方数值 = 标的资产价格
下方数值 = 期权价值
阴影部分表示期权已被行使

行使价格 = 800
每步的贴现因子 = 0.987 6
时间步长，dt = 0.25 年，即 91.25 天
每步的增长因子，a = 1.007 5
价格上涨概率，p = 0.512 6
价格上涨幅度，u = 1.105 2
价格下跌浮动，d = 0.904 8

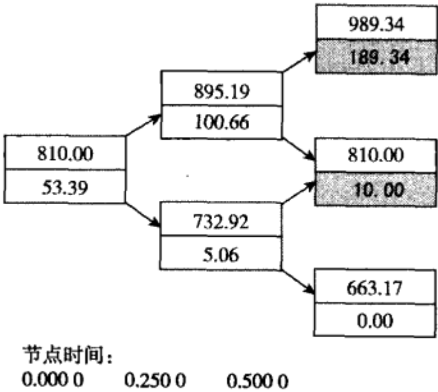


图 12-10

12.9.3 对货币期权定价

如第 5.10 节所示，外汇可以被视为收益率等于外币利率 r_f 的资产。同股指进行类比，我们可以

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

采用式(12-11)至式(12-14)以及令 $a = e^{(r-r_f)\Delta t}$ 来对货币期权进行定价。例 12-2 说明了这一点。

【例 12-2】　货币期权

1 澳元的当前价值为 0.6100 美元，汇率波动率为 12%，澳元无风险利率为 7%，美元无风险利率为 5%。图 12-11 显示了 DerivaGem 对于一个行使价格为 0.600 0、期权为 3 个月的美式看涨期权的定价结果，在计算中采用了三步二叉树。这时 $\Delta t = 0.083\ 33$，$u = e^{0.12\times\sqrt{0.083\ 33}} = 1.035\ 2$，$d = 1/u = 0.966\ 0$，$a = e^{(0.05-0.07)\times 0.083\ 33} = 0.998\ 3$，及 $p = \frac{0.998\ 3 - 0.966\ 0}{1.035\ 2 - 0.966\ 0} = 0.467\ 3$。期权价格为 0.019。

DerivaGem 输出结果

在每个节点：

上方数值 = 标的资产价格
下方数值 = 期权价值
阴影部分表示期权已被行使

行使价格 = 0.6
每步的贴现因子 = 0.995 8
时间步长，dt = 0.083 33 年，即 30.42 天
每步的增长因子，a = 0.998 3
价格上涨概率，p = 0.467 3
价格上涨幅度，u = 1.035 2
价格下跌浮动，d = 0.966 0

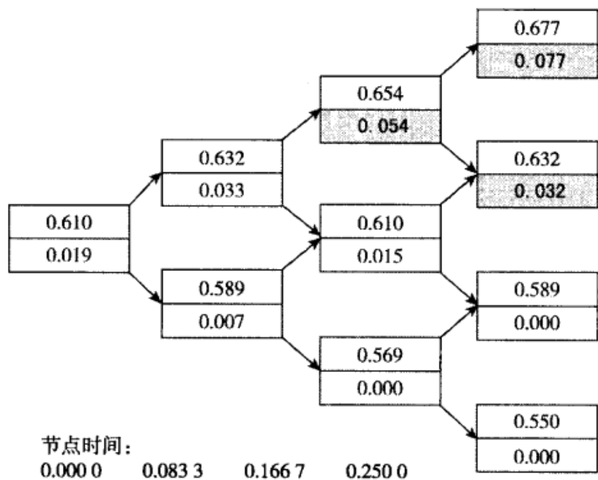


图　12-11

12.9.4　对期货期权定价

进入期货合约的长头寸或短头寸时投资者无须任何费用，这说明在风险中性世界里期货的预期增长率为 0(在第 16 章将详细讨论这一点)。同上，定义 p 为价格上涨的概率，u 为价格上涨的倍数，d 为价格下跌的倍数。期货的初始值计为 F_0。在第 1 步 Δt 时间后，期货预期值仍为 F_0。这意味着

$$pF_0u + (1-p)F_0d = F_0$$

即

$$p = \frac{1-d}{u-d}$$

我们可利用式(12-11)至式(12-14)及 $a = 1$ 对期权进行定价。例 12-3 说明了这一点。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

【例 12-3】 期货期权

期货的当前价格为 31，波动率为 30%，无风险利率为 5%。图 12-12 显示了由 DerivaGem 对于一个行使价格为 30、期限为 9 个月的美式看跌期权的定价结果，计算中采用了三步二叉树。这时 $\Delta t = 0.25$，$u = e^{0.3\times\sqrt{0.25}} = 1.161\ 8$，$d = 1/u = 0.860\ 7$，$a = 1$ 及 $p = \frac{1-0.860\ 7}{1.161\ 8-0.860\ 7} = 0.462\ 6$。期权价格为 2.84。

DerivaGem 输出结果

在每个节点：

上方数值 = 标的资产价格

下方数值 = 期权价值

阴影部分表示期权已被行使

行使价格 = 30

每步的贴现因子 = 0.987 6

时间步长，dt = 0.25 年，即 91.25 天

每步的增长因子，a = 1.000

价格上涨概率，p = 0.462 6

价格上涨幅度，u = 1.161 8

价格下跌浮动，d = 0.860 7

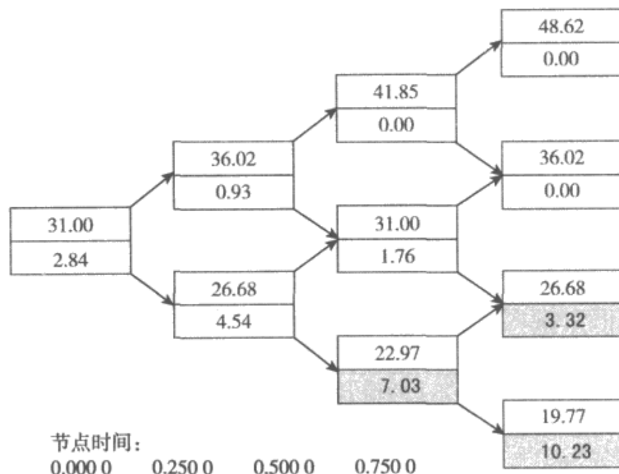


图 12-12

小 结

本章简要介绍了对股票及其他标的资产的期权的定价过程。对于在期权期限内股票价格服从单步二叉树的情形，我们可以构造一个由期权与股票所构成的无风险交易组合，在无套利机会的前提下，无风险交易组合的收益率一定等于无风险利率，由此我们可将股票期权的价格用标的股票价格来表示。有趣的是，我们对于股票在每个节点上涨及下跌的概率无须做出任何假设。

如果股票价格的变化由多步二叉树来表述，我们可以分别处理二叉树的每一步，并从期权的到期日出发倒推到树的初始以得出期权的价格。在分析中，我们只需要假设市场上不存在套利机会，而对价格上涨及下跌的概率无须做出任何假设。

另一个同样可以为股票期权定价的方法为风险中性定价原理，这一重要的原理指出：对于股票期权定价，我们可以假设世界为中性风险。本章以数值实例及代数的推算形式说明：对于期权

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

定价，无套利理论与风险中性理论等价。

股票期权的 Delta 即 Δ，考虑了标的股票价格的一个微小变化对于期权价格的影响。Delta 为期权价格变化与标的股票价格变化的比率。为了构造无风险头寸，对于每个卖出的期权，投资者必须买入 Δ 股股票。从一个典型的二叉树中可以得知，Δ 在期权有效期内随时间变化会有所改变。这意味着，为了对冲期权，我们必须定期调整标的股票的头寸。

构造股指、外汇、期货定价的二叉树与构造股票期权的二叉树非常相似。在第 18 章，我们将重新讨论二叉树，并说明在实践中应用二叉树的细节。

推荐阅读

Coval, J. E., and T. Shumway. "Expected Option Returns," *Journal of Finance*, 56, 3 (2001), 983–1009.

Cox, J., S. Ross, and M. Rubinstein. "Option Pricing: A Simplified Approach," *Journal of Financial Economics*, 7 (October 1979): 229–64.

Rendleman, R., and B. Bartter. "Two State Option Pricing," *Journal of Finance*, 34 (1979): 1092–1110.

测验题

12.1 某股票当前价格为 40 美元，已知在一个月后该股票的价格将变为 42 美元或 38 美元，无风险利率为年率 8%（连续复利），请问行使价格为 39 美元，一个月期限的欧式期权的价格是多少？

12.2 用单步二叉树来说明无套利理论及风险定价理论对欧式期权的定价过程。

12.3 股票期权的 Delta 的含义是什么？

12.4 某股票的当前价格为 50 美元，已知在 6 个月后该股票的价格将变为 45 美元或 55 美元，无风险利率为 10%（连续复利）。请问行使价格为 50 美元，6 个月期限的欧式看跌期权的价格是多少？

12.5 某股票的当前价格为 100 美元，在今后每 6 个月，股票价格或者上涨 10% 或下跌 10%，无风险利率为年率 8%（连续复利），请问行使价格为 100 美元，1 年期的欧式看涨期权的价格是多少？

12.6 考虑测验题 12.5 的情形，行使价格为 100 美元，1 年期的欧式看跌期权的价格是多少？验证所得结果满足看跌 – 看涨期权平价关系式。

12.7 以波动率表达的计算 u 和 d 的公式是什么？

练习题

12.8 考虑在期权期限内，股票价格变动服从两步二叉树的情形。请解释为什么用股票和期权构造的交易组合不可能在整个期权的有效期内一直保持无风险。

12.9 某股票的当前价格为 50 美元，已知在 2 个月后股票价格将变为 53 美元或 48 美元，无风险利率为年率 10%（连续复利），请问行使价格为 49 美元，期限为 2 个月的欧式看涨期权价格是多少？在讨论中采用无套利机会理论。

12.10 某股票的当前价格为 80 美元，已知在 4 个月后股票价格将变为 75 美元或 85 美元，无风险利率为年率 5%（连续复利），请问行使价格为 80 美元，期限为 4 个月的欧式看跌期权价格是多少？在讨论中采用无套利机会理论。

12.11 某股票的当前价格为 40 美元，已知在 3 个月后股票价格变为 45 美元或 35 美元，

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

无风险利率为年率 8%(连续复利)，请计算行使价格为 40 美元，期限为 3 个月的欧式看跌期权的价格。验证由无套利理论及风险中性原理给出的价格相等。

12.12 某股票的当前价格为 50 美元，在今后两个 3 个月的时间段内，股票价格或上涨 6% 或下跌 5%，无风险利率为年率 5%(连续复利)。请问行使价格为 51 美元，6 个月期限的欧式看涨期权的价格为多少？

12.13 考虑练习题 12.12 中的情形，行使价格为 51 美元，6 个月欧式看跌期权的价格是多少？请验证看跌－看涨期权平价关系式的正确性。如果看跌期为美式期权，是否在二叉树上的每一个节点行使期权都为最优？

12.14 某股票的当前价格为 25 美元，已知在两个月后股票价格将变为 23 美元或 27 美元，无风险利率为年率 10%(连续复利)。假定 S_T 为股票在两个月后的价格，该股票的某衍生产品在两个月后收益为 S_T^2，请问该衍生品的价格是多少？

12.15 请计算用于计算外汇期权的二叉树中的 u、d 和 p，二叉树的步长为 1 个月，本国的利率为 5%，国外利率为 8%，汇率的波动率为年率 12%。

作业题

12.16 某股票的当前价格为 50 美元，在 6 个月后股票价格将变为 60 美元或 42 美元，无风险利率为年率 12%(连续复利)，计算行使价格为 48 美元，期限为 6 个月的欧式看涨期权价格。验证无套利原理及风险中性理论所得结论是一致的。

12.17 某股票的价格为 40 美元，在今后两个 3 个月的时间段内，股票价格或上涨 10% 或下跌 10%，无风险利率为年率 12%(连续复利)

(a) 行使价格为 42 美元，6 个月的欧式看跌期权价格是多少？

(b) 行使价格为 42 美元，6 个月的美式看涨期权价格是多少？

12.18 采用“试错法”，估计作业题 12.17 中的期权在什么样的行使价格下应该马上行使期权。

12.19 某股票当前价格为 30 美元，在今后 4 个月中的每 2 个月时段内，股票价格或者上涨 8% 或者下跌 10%，无风险利率为 5%。采用两步二叉树来估计收益为 $[\max(30-S_T,0)]^2$ 的衍生产品的当前价格，其中 S_T 为 4 个月时的股票价格。如果衍生产品为美式，这一期权应该被提前行使吗？

12.20 考虑一个不支付股息股票的欧式期权，股票价格为 40 美元，行使价格为 40 美元，无风险利率为年率 4%，波动率为年率 30%，期限为 6 个月。

(a) 计算两步二叉树中的 u、d 及 p。

(b) 利用两步二叉树对期权进行定价。

(c) 证明 DerivaGem 会给出同样的结果。

(d) 采用 DerivaGem 并分别采用 5、50、100 及 500 步二叉树来计算期权价格。

12.21 重复练习题 12.20 中的计算。假定标的资产为期货合约，期权为美式看跌期权，期货价格为 50 美元，无风险利率为 10%，期限为 6 个月，期货价格波动率为年率 40%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

13 CHAPTER

第 13 章

期权定价：布莱克–斯科尔斯–莫顿模型

在20世纪70年代初，费舍尔·布莱克、梅隆·斯科尔斯及罗伯特·莫顿在欧式期权定价领域内取得了重大突破，[⊖]他们发展了被称为“布莱克－斯科尔斯”或“布莱克－斯科尔斯－莫顿”的模型。该模型对交易员如何对期权定价与对冲都产生了重大影响，并且对金融工程领域的发展与成功起了决定性的作用。在1997年，梅隆·斯科尔斯及罗伯特·莫顿荣获诺贝尔经济学奖，这充分说明了这一模型的重要性。费舍尔·布莱克在1995年去世，否则，毫无疑问，他也会成为诺贝尔奖的得主之一。

布莱克、斯科尔斯和莫顿是如何取得重大突破的呢？在他们之前的研究者也已经做了类似的假设，并且可以准确地计算欧式期权的预期收益。但是，如12.2节所示，如何正确地选择收益的贴现率仍然悬而未决。布莱克和斯科尔斯通过资本资产定价模型(capital asset pricing model, CAPM)把市场要求的期权回报和股票回报联系起来，这并不简单，因为期权所要求的回报取决于股票价格和时间。莫顿的方法不同于布莱克－斯科尔斯，他的定价模型首先建立一个无风险组合，其中包括期权和标的股票，然后证明在极短的时间内组合的回报是无风险的。这与12.1节中的讨论类似，但莫顿的模型更为复杂，因为组合价值是随时间连续变化的。莫顿的方法比布莱克－斯科尔斯的方法更进一步，原因在于他的方法不需要资本资产定价模型的假设。

在本章，我们将给出对无股息股票的欧式看涨期权和看跌期权的布莱克－斯科尔斯－莫顿定价模型，同时讨论模型的假设，并以更严格的形式讨论上一章引入的波动率，以及如何从历史数据或从期权价格中隐含得出波动率。在本章最后，我们将说明如何推广布莱克－斯科尔斯－莫顿模型，使得该模型可用于对支付股息的股票的看涨及看跌期权进行定价。

⊖ 见 F. Black and M. Scholes, “The Price of Options and Corporate Liabilities,” *Journal of Political Economics* 81 (May/June 1973): 637-59; 及 R. C. Merton, “Theory of Rational Option Pricing,” *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(Spring 1973): 141-83

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

13.1 关于股票价格变化的假设

在股票期权定价模型中，我们必须对股票价格如何随时间变化做一些假设。如果某股票今天的价格是 100 美元，其在一天后、一周后及一年后的概率分布会是什么样的呢？

布莱克－斯科尔斯－莫顿模型假设无股息的股票在短时间内的收益为正态分布，并且在两个不交错的时间段内收益相互独立。定义：

μ——股票的预期收益率；

σ——股票价格的波动率。

在 Δt 时间段，股票收益的预期值为 $\mu\Delta t$，股票收益的标准差为 $\sigma\sqrt{\Delta t}$。因此，布莱克－斯科尔斯－莫顿模型假设

$$\frac{\Delta S}{S} \sim \phi(\mu\Delta t, \sigma^2\Delta t) \tag{13-1}$$

其中，ΔS 为股票价格在 Δt 时间段的变化，$\phi(m,v)$ 代表正态分布，分布的预期值为 m，方差为 v。注意收益的方差而不是标准差，同 Δt 成正比。

对数正态分布

式(13-1)中的假设意味着股票在将来任意时刻服从**对数正态**（logmormal）分布。对数正态分布的形状如图 13-1 所示。我们可以将这一图形与常见的正态分布(见图 13-2)进行比较。正态分布变量可正可负，但对数正态分布的变量必须为正。正态分布是对称的；而对数正态分布呈偏态，对数正态分布的预期值、中位数以及众数均不相等。

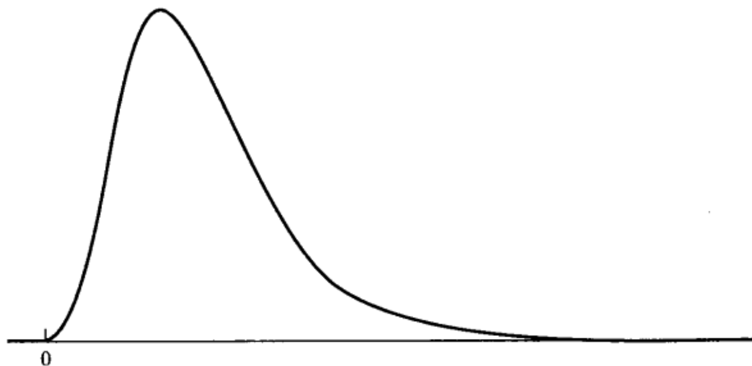


图 13-1　对数正态分布

一个服从对数正态分布变量的自然对数服从正态分布。布莱克－斯科尔斯－莫顿模型的假设意味着 $\ln(S_T)$ 为服从正态分布，其中 S_T 为在时间 T 的股票价格。$\ln(S_T)$ 的期望值和标准差分别为

$$\ln(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T \text{ 与 } \sigma\sqrt{T}$$

其中，S_0 为股票的当前价格。我们可以将这一结果记为

$$\ln(S_T) \sim \phi\left(\ln(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T, \sigma^2 T\right) \tag{13-2}$$

S_T 的期望值(或均值)可以表示为

$$E(S_T) = S_0 e^{\mu T} \tag{13-3}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

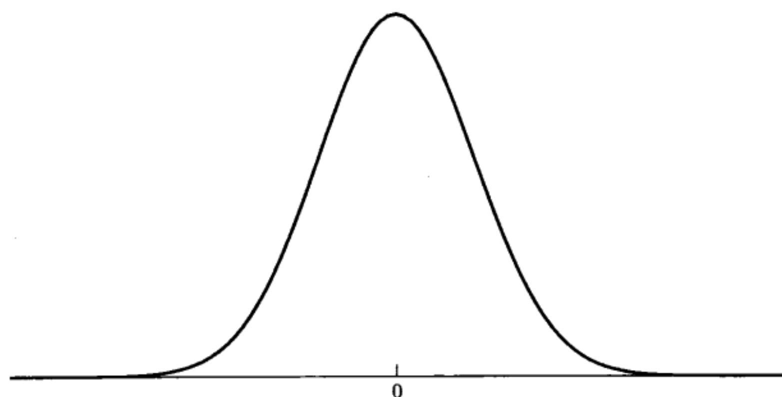


图 13-2 正态分布

S_T 的方差可以表示为

$$\mathrm{var}(S_T) = S_0^2 e^{2\mu T}(e^{\sigma^2 T} - 1)$$

例 13-1 是以上公式的应用。

【例 13-1】 未来股价的置信区间、均值和方差

考虑一只初始价格为 40 美元的股票，该股票的预期收益率为每年 16%，波动率为每年 20%。由式(13-2)可知，股票价格 S_T 在 6 个月时的分布为

$$\ln(S_T) \sim \phi\left(\ln 40 + \left(0.16 - \frac{0.2^2}{2}\right)0.5, 0.2^2 \times 0.5\right)$$

即

$$\ln(S_T) \sim \phi(3.759, 0.02)$$

正态分布的变量取值落在与均值的距离小于 1.96 倍的标准差的范围内的概率为 95%。此时，标准差为 $\sqrt{0.02} = 0.141$，因此，在 95% 的置信度下，我们有

$$3.759 - 1.96 \times 0.141 < \ln(S_T) < 3.759 + 1.96 \times 0.141$$

这意味着

$$e^{3.759-1.96\times0.141} < S_T < e^{3.759+1.96\times0.141}$$

即

$$32.55 < S_T < 56.56$$

因此，在 6 个月后股票价格介于 32.55～56.56 范围内的概率为 95%。S_T 的期望值和方差分别为

$$40e^{0.16\times0.5} = 43.33$$

及

$$40^2 e^{2\times0.16\times0.5}(e^{0.2^2\times0.5} - 1) = 37.93$$

由式(13-2)及正态分布的性质，可以得出

$$\ln(S_T) - \ln(S_0) \sim \phi\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T, \sigma^2 T\right]$$

即

$$\ln\frac{S_T}{S_0} \sim \phi\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T, \sigma^2 T\right] \tag{13-4}$$

当 $T = 1$ 时，表达式 $\ln(S_T/S_0)$ 为股票在 1 年时连续复利收益率。[⊖] 因此，在 1 年时，连续复利收

⊖ 由第 4 章可知，识别区分连续复利收益率与每年复利收益率的不同对我们至关重要。连续复利收益率为 $\ln(S_T/S_0)$，每年复利收益率为 $(S_T - S_0)/S_0$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

益率的期望值和标准差分别为$\mu-\sigma^2/2$和σ。例13-2说明如何计算收益率的置信区间。

我们现在将仔细考虑在对数正态分布模型下的股票价格的预期收益及波动率变量的实质。

【例13-2】 股票收益的置信区间

考虑一只股票，其预期收益率与波动率分别为每年17%与20%。股票在1年时收益率（连续复利）的概率分布为正态，其均值为

$$0.17-\frac{0.2^2}{2}=0.15$$

即15%，标准差为20%。因为在正态分布中，变量取值落在与均值距离小于1.96倍的标准差范围内的概率为95%，由此得出在95%的置信度下，年收益率会介于-24.2%与+54.2%之间。

13.2 预期收益率

投资者从某股票中所寻求的预期收益μ与股票风险有关，风险越大，预期收益也会越高。这一预期收益也与经济环境中的利率有关，利率越高，对股票所要求的预期收益率也会越高。幸运的是，对期权我们无须关心具体那些因素决定μ的大小。事实上，当利用股票价格来表示期权价格时，期权价格与μ毫不相关。尽管如此，股票收益的这一性质常常带来混淆，因此对这一点我们应特别解释。

式(13-1)显示$\mu\Delta t$是股票在较短时间段Δt内的预期价格变动百分比。由此，我们可能会很自然地假设，在一个较长的时间区间内的，以连续复利计量的预期收益率也为μ。但事实并非如此。令R是一个较长的时间段即T年内的实际以连续复利计量的收益率，那么R满足

$$S_T=S_0e^{RT}$$

因此

$$R=\frac{1}{T}\ln\frac{S_T}{S_0}$$

式(13-4)显示R的期望值$E(R)$为$\mu-\sigma^2/2$。

为什么以连续复利计算的预期收益率不同于μ的原因并不是那么一目了然，但却十分重要。假定我们考虑一列长度为Δt的微小时间段所组成的时间区间，定义S_i为股票在第i个时间段末的股票价格，定义ΔS_i为$S_{i+1}-S_i$。在我们所做的关于股票价格的假设前提下（见式13-1），股票在每个时间段的平均收益接近于μ。换句话说，$\mu\Delta t$接近于$\Delta S_i/S_i$的算术平均值。但是，由所有复利区间Δt的收益复合而成的整体收益率接近于$\mu-\sigma^2/2$而不是μ。[⊖]业界实例13-1提供的实例是关于共同基金的收益率，该实例说明对以上两个收益率有清楚的认识是十分重要的。

| 业界实例 13-1 | 共同基金的收益率可能会令人误解

μ与$\mu-\sigma^2/2$的不同与共同基金所报告的收益率关系密切。假定某共同基金经理报告的年收益率（每年复利）为15%、20%、30%、-20%和25%。

这些收益的标准平均值等于以上5个数值的和除以5，即14%。但是如果一位投资者将资金投入该共同基金，并投资5年，那么他的收益率会小于年率14%。初始100美

⊖ 预期收益的意义不是很明确，它既可以是μ，也可以是$\mu-\sigma^2/2$。除非另外说明，本书所指的收益为μ。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

元投资在 5 年后的价值为

$$100 \times 1.15 \times 1.20 \times 1.30 \times 0.80 \times 1.25 = 179.40 \text{ 美元}$$

按每年复利 14% 的收益率计算，相应投资的最终值为

$$100 \times 1.14^5 = 192.54 \text{ 美元}$$

5 年后，最终值 179.40 美元所对应的收益率为 12.4%，这是因为

$$100 \times 1.124^5 = 179.54$$

那么，基金经理应该报告哪一个收益率呢？他常常会做出以下声明："在过去 5 年，平均每年的收益率为 14%。"虽然这一声明没有错，但它会令人产生误解，而以下声明就十分清楚准确："投资者在过去 5 年将资金投入共同基金所得年收益为 12.4%。"在有些地区，监管当局的准则要求基金经理以第 2 种形式报告收益率。

以上现象是数学家熟悉的一个著名结论：一组数据(不全部相等)的几何平均值总是小于算术平均值。在我们的例子中，收益每年的乘数项为 1.15、1.20、1.30、0.8 及 1.25，这些数字的算术平均值为 1.140，而它们的几何平均值为 1.124。

为了对以上结论的数学做出解释，由式(13-3)可以得出

$$E(S_T) = S_0 e^{\mu T}$$

取对数，得出

$$\ln[E(S_T)] = \ln(S_0) + \mu T$$

我们可能会认为 $E[\ln(S_T)] = \ln[E(S_T)]$，并由此得出 $E[\ln(S_T)] - \ln(S_0) = \mu T$，即 $E[\ln(S_T/S_0)] = \mu T$，这也就导出了 $E(R) = \mu$。但是，因为对数函数 ln 是非线性的，因此 $E[\ln(S_T)] \neq \ln[E(S_T)]$。事实上，$E[\ln(S_T)] > \ln[E(S_T)]$，因此 $E[\ln(S_T/S_0)] < \mu T$，从而导出了 $E(R) < \mu$（如上所述，$E(R) = \mu - \sigma^2/2$）。

13.3　波动率

股票的波动率 σ 是用于检测股票收益的不定性，通常介于 15% 与 50% 之间。

由式(13-4)可知，股票价格的波动率可以被定义为这一变量按连续复利时 1 年股票收益率的标准差。

当 Δt 很小时，式(13-1)表明 $\sigma\sqrt{\Delta t}$ 近似等于 Δt 时间内股票价格变化百分比的标准差。例如，某股票价格为 50 美元，其波动率为每年 30%，对应于每周的价格百分比变化的标准差近似为

$$30\% \times \sqrt{1/52} = 4.16\%$$

因此，股票价格周变化的标准差为 50 × 0.041 6，即 2.08 美元。

由标准差描述股票价格变化不定性的增长(至少在近似意义下)速度大约为时间预期长度的平方根。例如，一只股票在 4 周后价格的标准差大约为股票在 1 周后价格标准差的 2 倍。

13.4　由历史数据估计波动率

股票的历史数据可用于估计波动率。股票价格通常在一个固定的区间内(如一天、一周或一个月)观测得出，定义：

$n+1$ ——观测次数；

S_i ——第 i 个时间段结束时变量的价格，$i = 0,1,\cdots,n$；

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

τ ——单位时间间隔的长度，以年为单位。

令

$$u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

u_i 的标准差 s 可以估计为

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})^2}$$

或

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}u_i^2 - \frac{1}{n(n-1)}\left(\sum_{i=1}^{n}u_i\right)^2}$$

其中 $\bar{u}$ 为 u_i 的均值⊖(见第 3 章附录)。

由式(13-4)可知，u_i 的标准差为 $\sigma\sqrt{\tau}$ 。因此，变量 s 是 $\sigma\sqrt{\tau}$ 的估计值。所以 σ 的近似值为 $\hat{\sigma}$，其中，

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{\tau}}$$

可以证明以上估计式的标准差大约为 $\hat{\sigma}/\sqrt{2n}$ 。例 13-3 说明了如何应用这些公式。

【例 13-3】 由历史数据计算波动率

表 13-1 给出了 21 个连续交易日的股票价格序列，此时

$$\sum u_i = 0.095\ 31 \text{ 及 } \sum u_i^2 = 0.003\ 26$$

收益标准差的估计值为

$$\sqrt{\frac{0.003\ 26}{19} - \frac{0.095\ 31^2}{380}} = 0.012\ 16$$

即 1.216%，为了计算年波动率，我们令 τ = 1/252，以上数据给出每年波动率的估计值为 $0.012\ 16\sqrt{252} = 0.193$，即 19.3%。波动率每年标准差为

$$\frac{0.193}{\sqrt{2 \times 20}} = 0.031$$

即每年 3.1%。

表 13-1 波动率计算

天数	收盘价(美元) S_i	价格比率 (S_i/S_{i-1})	日收益率 $u_i = \ln(S_i/S_{i-1})$
0	20.00		
1	20.10	1.005 00	0.004 99
2	19.90	0.990 05	-0.010 00
3	20.00	1.005 03	0.005 01
4	20.50	1.025 00	0.024 69
5	20.25	0.987 80	-0.012 27
6	20.90	1.032 10	0.031 59
7	20.90	1.000 00	0.000 00
8	20.90	1.000 00	0.000 00
9	20.75	0.992 82	-0.007 20
10	20.75	1.000 00	0.000 00
11	21.00	1.012 05	0.011 98

⊖ 当估计历史波动率时，$\bar{u}$ 通常假设为 0。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

（续）

天数	收盘价（美元）S_i	价格比率（S_i/S_{i-1}）	日收益率 $u_i=\ln(S_i/S_{i-1})$
12	21.10	1.004 76	0.004 75
13	20.90	0.990 52	−0.009 52
14	20.90	1.000 00	0.000 00
15	21.25	1.016 75	0.016 61
16	21.40	1.007 06	0.007 03
17	21.40	1.000 00	0.000 00
18	21.25	0.992 99	−0.007 03
19	21.75	1.023 53	0.023 26
20	22.00	1.011 49	0.011 43

在计算中选择一个合适的 n 值并不容易。一般来说，数据越多，精度会越高，但 σ 确实是随时间变化的，因此太老的历史数据对于预测将来的波动率可能意义不大。一个切实可行的妥协办法是采用过去 90～180 天每天的收盘价数据。另外一种经验方法是将 n 设定为波动率所要应用的区间。因此，如果波动率是用于计算两年期的期权，在计算中我们可以采用两年的数据。

以上分析假定股票无股息，这里的分析同样也适用于支付股息的股票。对应于一个包含除息日在内的区间，股票的收益率被定义为

$$u_i=\ln\frac{S_i+D}{S_{i-1}}$$

其中，D 为股息的数量，在其他时间间隔内，股票的收益率仍被定义为

$$u_i=\ln\frac{S_i}{S_{i-1}}$$

但是，由于税收因素会对收益率在除息日附近的计算起一定的作用，因此在当我们利用每天或每周的数据进行计算时，最好除去包含除息日时间段的数据。

交易日与日历天

计算波动率时一个很重要的问题是我们究竟是应该采用日历天数还是交易天数。如业界实例 13-2 所示，研究人员已经证明，在交易所开盘交易时的波动率比交易所收盘时的波动率要大很多。因此，在由历史数据计算波动率以及计算期权期限时，市场参与者往往会忽略交易所休市的日期。通过以下公式我们可以从每交易日的波动率来计算每年的波动率

$$年波动率=每交易日的波动率\times\sqrt{每年的交易天数}$$

这也是由表 13-1 所提供的数据来计算波动率时采用的公式。通常我们假设对于股票而言每年的交易天数为 252 天。

期权期限通常也由交易日而不是日历天进行衡量，期限变量用 T 来表达，其中：

$$T=期权到期前的交易天数/252$$

业界实例 13-2 什么因素引发了市场波动

我们可以很自然地假设市场波动是由刚刚到达市场的新消息引起的。这些新消息会使投资者改变对股票价值的观点，这会引起股票价格变化，从而产生市场波动。但是，这种引起市场波动的观点并没有得到研究结果的验证。

应用连续几年中每天的股票数据，研究人员可以计算：

1. 在中间不包含非交易日时，一个交易日结束时与下一个交易日结束时股票价格

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

收益率的方差；

2. 在周五结束时与下周一结束时股票价格收益率的方差。

第2项方差为3天收益率的方差，第1项方差对应于一天。我们也许很自然地认为第2项方差为第1项方差的3倍。Fama (1965)、French (1980) 以及 French 和 Roll (1986) 证明事实并非如此。三项研究结果分别证明，第2项方差只分别比第1项方差高22%、19%以及10.7%。

这时，你也许会说这些结果的起因是由于在交易开盘时有更多信息，但是 Roll (1984) 的研究结果并不支持这一观点。Roll 检测了橙汁期货的价格：对于橙汁期货价格而言，最重要的决定因素是气候，而有关气候的信息对于任何时间都有同样的可能性。Roll 做了一个类似于前面描述的有关股票的分析，他发现第2项（星期五至星期一）方差只是第1项的1.54倍。

唯一合理的结论就是，市场波动在某种程度上是由交易本身造成的（交易员一般并不认为这一结论难以接受）。

13.5 布莱克 – 斯科尔斯 – 莫顿模型中的假设

布莱克、斯科尔斯和莫顿在推导其期权定价模型时，采用了以下假设：

- 股票价格服从对数正态分布（在本章前面引入），其中 μ 和 σ 为常数；
- 无交易费用及税收，所有证券均可无限分割；
- 在期权期限内，股票不支付任何股息；
- 不存在无风险套利机会；
- 证券交易为连续进行；
- 投资者能够以同样的无风险利率借入和借出资金；
- 短期无风险利率 r 为常数。

某些研究人员放松了以上条件。例如，当 r 和 σ 仅为时间的函数时，我们也可得出布莱克 – 斯科尔斯 – 莫顿公式的变形，在本章后面的内容中，我们可以看到布莱克 – 斯科尔斯 – 莫顿被推广到股票发放股息的情形。

13.6 无套利理论的实质

布莱克、斯科尔斯和莫顿对期权定价的方法与第12章利用二叉树来描述股票价格时的无套利方法类似。在定价过程中需要构造一个由期权与标的股票组成的无风险交易组合，在无套利条件下，这一交易组合的收益率必须为无风险利率 r，由此我们可以得出期权价格必须满足的微分方程。

之所以可以建立无风险交易组合，是由于股票价格及期权价格均受同一种不确定性的影响：股票价格的变动。在任意一个短时期内，看涨期权价格与股票价格有一个完美的正相关性；而看跌期权价格与股票价格有一个完美的负相关性。在两种情况下，如果建立了一个适当的股票与期权的组合，由股票所带来的盈亏总是被由期权所带来的盈亏来抵消。这样一来，交易组合在一个短时间内的价格变化也就是确定的。

例如，假定在未来某时刻，股票价格一个小的变动 ΔS 与该变动所触发的欧式看涨期权价值变动 Δc 之间有以下关系

$$\Delta c = 0.4\Delta S$$

这意味着 Δc 与 ΔS 之间的切线斜率为0.4，如图13-3所示，无风险交易组合构造如下：

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

- 40 股股票的长头寸；
- 100 个看涨期权的短头寸。

假定股票价格上涨了 10 美分，期权价格将上涨 4 美分。交易组合中股票的上涨为 40 ×0.1 = 4 美元，这恰好等于期权短期头寸 100 ×0.04 = 4 美元的损失。

这里的分析过程与第 11 章的二叉树法有一个很重要的差别。此处所建立的头寸只在一个非常短的时间内为无风险(理论上讲，这种无风险只是在瞬时间成立)。为了保持无风险状态，交易组合必须频繁地进行调整或**再平衡**(rebalance)。⊖例如，Δc 与 ΔS 之间的关系也许会从今天的 $\Delta c = 0.4\Delta S$ 变为两周后的 $\Delta c = 0.5\Delta S$ (如果这种情况发生，为了保证交易组合无风险形态，必须再买入 0.1 股股票)。无论如何，在短时间内无风险交易组合的收益率必须等于无风险利率。这正是布莱克、斯科尔斯和莫顿期权定价模型的关键所在，由此我们可以得出期权定价公式。

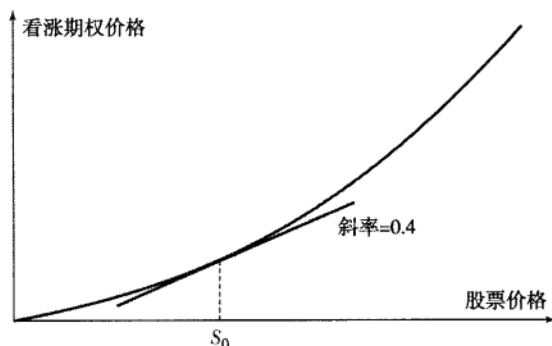


图 13-3　看涨期权与股票的关系，当前价格为 S_0

13.7　布莱克－斯科尔斯－莫顿定价模型

对于一个无股息股票的看涨期权与看跌期权的布莱克－斯科尔斯－莫顿定价公式为：

$$c = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \tag{13-5}$$

$$p = Ke^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \tag{13-6}$$

其中，

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

函数 $N(x)$ 为标准正态分布变量的累积概率分布函数。换言之，这一函数等于服从标准正态分布 $\phi(0,1)$ 的变量小于 x 的概率，见图 13-4。我们对式(13-5)和式(13-6)中其他符号应很熟悉：c 与 p 分别为欧式看涨与看跌期权的价格，S_0 为股票价格，K 为期权行使价格，r 为无风险利率(连续复利)，T 为期权的期限，σ 为股票价格的波动率。因为无股息股票美式看涨期权价格 C 等于欧式看跌期权价格 c，因此式(13-5)也是美式看涨期权的定价公式。对于美式看跌期权，我们没有精确的解析公式，但可以利用第 12 章中引入的二叉树来对美式看跌期权进行定价。

从理论上而言，布莱克－斯科尔斯公式只有在利率 r 为常数时才正确。在实践中，公式中采用的利率 r 等于期限为 T 的无风险投资利率。

⊖ 我们在第 17 章将给出再平衡的细节。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

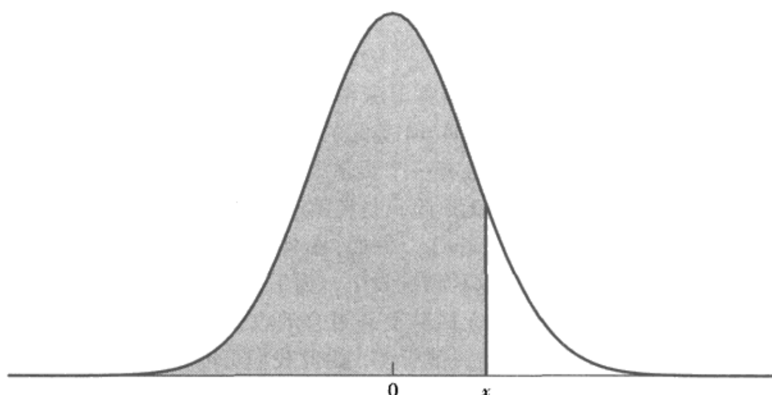


图 13-4 阴影区域代表 $N(x)$

布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿公式的性质

关于布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿公式的完整证明已超出本书的范围。在这里，我们通过考虑当某些参数取极端值时的情况来说明这一公式所具有的普遍性。

当股票价格 S_0 很大时，看涨期权几乎肯定会被执行，这时期权与行使价格为 K 的远期合约十分相似。根据式(5-5)得出看涨期权应该为

$$S_0 - Ke^{-rT}$$

事实上，以上公式正好是式(13-5)所给出的期权价格，因为当 S_0 很大时，d_1 和 d_2 均很大，因此 $N(d_1)$ 和 $N(d_2)$ 均接近于 1。

当股票价格很高时，欧式看跌期权的价格 p 接近零，这与式(13-6)一致，因为当 S_0 很大时，$N(-d_1)$ 和 $N(-d_2)$ 均接近于 0。

当股票价格很低时，d_1 和 d_2 的绝对值均很大，但为负。这意味着 $N(d_1)$ 和 $N(d_2)$ 均接近于 0，由式(13-5)所得看涨期权价格也接近于 0，这与预期一致。同时 $N(-d_1)$ 和 $N(-d_2)$ 均接近于 1，因此由式(13-6)所计算出的看跌期权价格接近于 $Ke^{-rT} - S_0$，这与预期也一致。

例 13-4 说明了式(13-5)和式(13-6)的应用。计算中唯一的困难是计算正态分布的累积函数 N，这一函数也可以通过 Excel 中的函数 NORMSDIST 来计算。以下多项式近似可以精确到小数点后第 6 位：[⊖]

$$N(x) = \begin{cases} 1 - N'(x)(a_1k + a_2k^2 + a_3k^3 + a_4k^4 + a_5k^5) & \text{当 } x \geqslant 0 \text{ 时} \\ 1 - N(-x) & \text{当 } x < 0 \text{ 时} \end{cases}$$

其中，

$$k = \frac{1}{1 + \gamma x} \quad \gamma = 0.231\,641\,9$$

$$a_1 = 0.319\,381\,530 \quad a_2 = -0.356\,563\,782$$

$$a_3 = 1.781\,477\,937 \quad a_4 = -1.821\,255\,978 \quad a_5 = 1.330\,274\,429$$

及

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$$

⊖ 见 M. Abramowitz 和 I. Stegan，*Handbook of Mathematial Functions*，New York：Dover，1972.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

【例 13-4】 应用布莱克－斯科尔斯－莫顿公式

考虑一个 6 个月期限的期权。股票当前价格为 42 美元，行使价格为 40 美元，无风险利率为年率 10%，波动率为年率 20%。也就是说，$S_0=42$，$K=40$，$r=0.1$，$\sigma=0.2$，$T=0.5$，因此

$$d_1=\frac{\ln(42/40)+(0.1+0.2^2/2)\times 0.5}{0.2\times\sqrt{0.5}}=0.7693$$

$$d_2=\frac{\ln(42/40)+(0.1-0.2^2/2)\times 0.5}{0.2\times\sqrt{0.5}}=0.6278$$

如果该期权为欧式看涨期权，其价格 c 为

$$c=42N(0.7693)-38.049N(0.6278)$$

如果该期权为欧式看跌期权，其价格 p 为

$$p=38.049N(-0.6278)-42N(-0.7693)$$

采用以上多项式近似以及本书附录 C 和附录 D 得出：

$$N(0.7693)=0.7791,\ N(-0.7693)=0.2209$$

$$N(0.6278)=0.7349,\ N(-0.6278)=0.2651$$

由此得出

$$c=4.76 \qquad p=0.81$$

忽略货币的时间价值，股票价格至少上涨 2.76 美元才能使得看涨期权投资者盈亏均衡。类似地，股票价格至少下跌 2.81 美元才能使得看跌期权投资者盈亏均衡。

13.8 风险中性定价

衍生产品定价中一个非常重要的结论是风险中性定价原理。这一原理曾经在第 12 章介绍过，其意如下：

任何依赖于一个可交易产品的证券都可以在投资者为风险中性的前提下定价。

注意，风险中性定价并不意味着投资者对风险是中性的，而是说当我们对诸如期权这样的衍生品定价时，可以假设投资者对风险是中性的。这意味着当我们将期权价格表达为标的股票价格的函数时，投资者关于股票风险的偏好对期权价格没有影响，这也解释了为什么式(13-5)和式(13-6)中不含收益率 μ 的原因。风险中性定价是一个非常有用的定价工具，因为在风险中性世界有两个特别简单的结论是成立的：

- 所有资产的预期收益率都为无风险利率；
- 对于将来预期的现金流贴现利率为无风险利率。

我们可以利用风险中性定价原理来对期权及其他衍生品进行定价，过程如下：

- 假定标的资产的预期收益率为无风险利率(即假定 $\mu=r$)；
- 计算预期收益；
- 用无风险利率对预期收益进行贴现。

应用于远期合约

以下过程可以用于推导布莱克－斯科尔斯－莫顿公式，但由于数学推导过程过于复杂，在此不做陈述。为了说明计算过程，在此将介绍如何用风险中性定价原理来对一个无股息股票的远期合约定价(这种合约的另一种定价方式已在第 5 章有所介绍)。我们假设利率等于常数 r。

考虑一个期限为 T 的远期合约长头寸，约定价格为 K。在合约到期时，远期合约的价值为

$$S_T-K$$

本章曾指出 S_T 的预期值为 $S_0e^{\mu T}$，在风险中性世界中将变为 S_0e^{rT}。在风险中性世界，合约到期时的预期收益为

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$S_0e^{rT}-K$$

以 T 时刻的无风险利率 r 进行贴现，可以得出合约当前的价值 f 为

$$f=e^{-rT}(S_0e^{rT}-K)=S_0-Ke^{-rT}$$

这一结果同式(5-5)一致。

13.9 隐含波动率

在布莱克-斯科尔斯-莫顿定价公式中，不能直接观察到的参数只有股票价格的波动率。在本章前面我们已经介绍如何由股票的历史价格来估计波动率，现在讨论如何计算期权的**隐含波动率**(implied volatility)。隐含波动率是指由期权的市场价格所隐含的波动率。

为了说明基本思路，假设一个不支付股息股票的欧式看涨期权价格为1.9，而且 $S_0=21$，$K=20$，$r=0.1$ 和 $T=0.25$。隐含波动率是使得式(13-5)所给期权价格等于1.9时对应的 σ 数值。我们不能靠直接反解式(13-5)来将波动率表示成期权价格与其他变量 S_0、K、r 及 T 的函数，但是可以用迭代的方式来求解隐含值 σ。例如，开始时令 $\sigma=0.20$，对应这一波动率，期权价格 c 为1.76美元，这一价格比市价要低。由于期权价格为 σ 的递增函数，再令 $\sigma=0.30$，对应的期权价格 c 为2.10美元，此值高于市价，这意味着 σ 一定介于0.2与0.3之间。接下来，令 $\sigma=0.25$，此值对应期权价格也偏高，所以 σ 应该在0.20与0.25之间，这样继续下去，每次迭代都使 σ 所在的区间减半，因此可以计算出满足任意精确度的 σ 近似值。[⊖]在本例中，隐含波动率 $\sigma=0.242$，即每年24.2%

隐含波动率可以用来测量市场上对于某一特定股票波动率的观点。历史波动率(见13.4节)是回望型(backword looking)，而隐含波动率则为前瞻型(forward looking)。因此，不难想象，由隐含波动率所得出的值对于将来股票波动率的预测要比由历史波动率得出的结果稍微准确一些。

通常，交易员对期权是报出隐含波动率，而不是期权的价格。这样做会带来许多方便，因为波动率的变化比期权价格变化更加稳定。期权隐含波动率同行使价格和期限有关。

在第19章我们将说明交易员如何由市场上交易较为活跃的期权来估算其他期权的波动率。

VIX 指数

CBOE 发布隐含波动率指数。最流行的指数是 SPX VIX，这是由 S&P 500 中包含很广的30天看涨和看跌期权计算所得的。[⊜]一个值为15的指数意味着30天的 S&P500 的期权隐含波动率为15%。VIX 的期货交易是从2004年开始的，而 VIX 的期权交易是从2006年开始的。一份合约等于1 000乘以指数。例13-5介绍了 VIX 指数期货的运作方式。

交易 VIX 指数的期货和期权不同于交易 S&P 500 的期货和期权。涉及 S&P 500 的期货或期权是在将来的 S&P 500 水平以及 S&P 500 波动率两方面下注。与此相反，VIX 的期货或期权只是在波动率上下注。图13-5显示了在2004年1月到2009年9月期间的 VIX 指数。在2004年到2007年中期，指数在10~20区间。在2007年下半年上升到30；在2008年10月到11月之间，即雷曼兄弟破产后，指数一度达到80；到2009年9月中期，指数又下降到正常范围，即23.4。

⊖ 这一方法只是为了说明问题，在实践中业界往往采用其他更快的算法来计算隐含波动率。

⊜ 关于指数是如何计算的见《期权、期货和其他衍生产品》第7版(机械出版社出版)一书的第24章。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

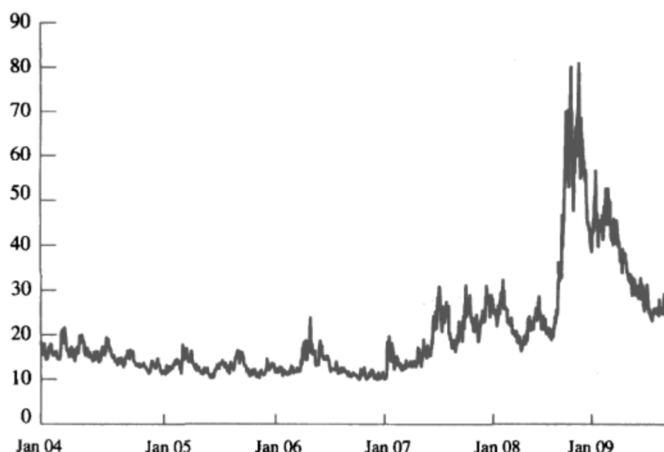


图 13-5 2004 年 1 月到 2009 年 9 月 VIX 指数

【例 13-5】 VIX 期货交易

假设某交易员买了一份 VIX4 月份的期货合约，当时的期货价格是 18.5（相当于 30 天 S&P 500 波动率为 18.5%），并于期货价格为 19.3（相当于 30 天 S&P 500 波动率为 19.3%）时平仓。交易员盈利为

$$(19.3 - 18.5) \times 1\,000 = 800 \text{ 美元}$$

与以往的期货合约一样，收益为合约期间的每天损益的累计值。

13.10 股息

到目前为止，我们一直假设期权的标的股票无任何股息。在实践中，许多股票支付股息。在期权期限中股息可以被准确预测的前提下，我们对期权公式进行推广。当期权期限较短时（小于 1 年），这一假设是合理的。

假定股息被支付的日期为除息日。在这一天股票价格下跌数量等于股息数额。[⊖] 股息会使得看涨期权价格下跌而使得看跌期权价格上涨。

13.10.1 欧式期权

为了分析欧式期权，我们假定股票价格由以下两部分组成：一部分为用于支付期权有效期内股息的无风险部分，另一部分为有风险的部分。在任意给定时刻，无风险部分等于在期权有效期内的股息以无风险利率从除息日贴现到当前的现值。当 S_0 表示为有风险的部分时，布莱克－斯科尔斯－莫顿公式仍然正确。在运作上这意味着只要在股票价格中除去了所有在期权有效期限内股息的贴现值，我们仍然可以采用布莱克－斯科尔斯－莫顿模型对期权进行定价。在计算股息贴现值时，采用的贴现日期为除息日，贴现利率等于无风险利率。只有在期权有效期内的除息日的股息才被用于计算。例 13-6 展示了计算过程。

在计算过程中，布莱克－斯科尔斯－莫顿公式中的 σ 应为股票有风险部分的波动率，而不是

⊖ 因为税率的原因，股票价格下跌幅度会小于股息数量。为了考虑这一现象，在期权定价时，应将股息定义为在除息日股票下跌的幅度。因此，如果预计股息为每股 1 美元，同时在除息日股票价格下跌为股息的 80%，这时，为了分析的目的，我们应将股息记为 0.80 美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

股票价格的波动率。在实践中，我们通常假设以上两个波动率相等。从理论上讲，有风险部分波动率大约等于 $S_0/(S_0-D)$ 乘以股票价格的波动率，其中 D 为期权有效期内股息的贴现值，S_0 为股票价格。

【例 13-6】 有股息股票布莱克－斯科尔斯－莫顿公式的应用

考虑一欧式股票看涨期权，股票在 2 个月和 5 个月后分别有一个除息日。股息的预期值在每个除息日都为 0.5 美元。当前股票价格为 40 美元，期权行使价格为 40 美元，股票价格波动率为年率 30%，无风险利率为年率 9%，期权期限为 6 个月。股息的贴现值为

$$0.5e^{-0.09\times2/12}+0.5e^{-0.09\times5/12}=0.9741$$

因此，期权价格可由布莱克－斯科尔斯－莫顿公式求出，在公式中输入的参数为 $S_0=40-0.9741=39.0529$，$K=40$，$r=0.09$，$\sigma=0.3$，$T=0.5$，由此得出

$$d_1=\frac{\ln(39.0259/40)+(0.09+0.3^2/2)\times0.5}{0.3\times\sqrt{0.5}}=0.2017$$

$$d_2=\frac{\ln(39.0259/40)+(0.09-0.3^2/2)\times0.5}{0.3\times\sqrt{0.5}}=-0.0104$$

采用多项式估计，得出

$N(d_1)=0.5800$ 及 $N(d_2)=0.4959$

由(13-5)得出期权价格为

$$39.0259\times0.5800-40e^{-0.09\times0.5}\times0.4959=3.67$$

即 3.67 美元。

13.10.2 美式看涨期权

在第 10 章，我们看到当股票无任何股息时，美式看涨期权不会被提前行使。当股票支付股息时，有时可能在除息日之前行使期权为最优。原因很简单，股息会使得股票与看涨期权价格降低。如果股息足够大，并且看涨期权实值程度很高，这时放弃期权的时间价值以避免股息对股票价格的不利影响的做法可能是明智之举。

在实践中，看涨期权可能在最后一个除息日前一时刻被行使是最优的。在本章附录 13A 中将解释这么做的原因，并给出了在什么条件下行使期权为最优。我们接下来给出由布莱克提出的对于支付股息股票的美式看涨期权的近似公式。

13.10.3 布莱克近似法

布莱克近似法涉及计算两个欧式期权的价格：

- 一个与美式期权有同等期限的欧式期权；
- 一个到期日正好为期权期限内最后一个除息日之前一瞬间的欧式期权。

以上两个期权的行使价格、初始股票价格、无风险利率及波动率均与所考虑期权一致。美式期权价格等于以上两个欧式期权价值中较高的一个。例 13-7 说明了计算过程。

【例 13-7】 利用布莱克近似法对美式期权定价

假定在例 13-6 中的期权为美式期权而不是欧式期权。第 1 个股息的贴现值为

$$0.5e^{-0.09\times2/12}=0.4926$$

在最后一个除息日之前瞬间到期的期权价

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

格可以由布莱克－斯科尔斯－莫顿公式来计算，输入参数为 $S_0=40-0.4926=39.5074$，$K=40$，$r=0.09$，$\sigma=0.3$，$T=0.4167$，计算出的期权价格为 3.52 美元。布莱克近似值等于这一期权价格与在 6 个月到期的期权价格中的较大值。由例 13-6 得知，在 6 个月到期的期权价格为 3.67 美元。因此，由布莱克近似法得出的美式看涨期权价格为 3.67 美元。

小　结

期权定价理论通常的假设为：给定当前的股票价格，股票价格在将来某时刻的分布为对数正态分布。这意味着，某时间段后股票连续复利的收益为正态分布。我们预测的时间展望期越远，未来股票价格的不确定性越大。作为粗略的近似，可以说股票价格的标准差与我们预测未来时间长度的平方根成正比。

为了以实证形式估计股票价格波动率 σ，我们应以一固定的时间间隔观测股票价格（例如，每天、每周或每月）。对于每个时间段，求出该时间段末的股票价格与该时间初始的股票价格之比的自然对数，然后求出这些数字的标准差，再除以时间长度（以年计）的平方根，即可得出波动率的估计值。通常在计算波动率时，我们应该忽略那些交易所休市的天数。

期权定价过程会涉及构造由期权与股票所组成的无风险交易组合。由于股票和期权价格只与一项不确定性因素有关，这种无风险头寸总是可以构造出来。这里所建立的头寸只能在一个较短的时间内为无风险状态。在没有套利的前提下，无风险头寸的收益率等于无风险利率，这一结果使得期权价格可由股票价格来表示。最初的布莱克－斯科尔斯－莫顿模型给出了一个对无股息股票看涨与看跌期权的定价公式，公式中含有的 5 个变量为：股票价格、行使价格、无风险利率、波动率和期权的期限。

股票的预期收益并没有进入布莱克－斯科尔斯－莫顿方程中，这一点令人惊讶，由此而引入了风险中性定价原理。该原理说明，对基于一个可交易证券的衍生品进行定价时，可以假定世界为风险中性。这一结果在实践中非常有用。在风险中性世界，所有证券的预期收益均等于无风险利率，而且对于预期现金流的贴现率可以用无风险利率。

隐含波动率是指将该变量以波动率形式代入布莱克－斯科尔斯－莫顿定价方程或其广义形式时计算出的期权价格等于市场价格。交易员在交易中观察隐含波动率并常常对隐含波动率提供报价，但并不对期权价格提供报价。交易员会采用由市场交易活跃的期权隐含波动率来对其他形式期权的波动率进行估计。

布莱克－斯科尔斯－莫顿模型可以被推广到支付股息的股票期权上，其过程是将布莱克－斯科尔斯－莫顿公式中的股票价格由原股票价格减去在期权有效期内预期股息的贴现值来代替。布莱克提出了一个对于支付股息股票的美式期权近似法，该方法将美式期权设定为两个欧式期权的较大值。第一个欧式期权的到期日与美式期权相同；第二个欧式期权的到期日为期权有效期内最后一个除息日之前的时刻。

推荐阅读

On the Black–Scholes–Merton model and its extensions

Black, F. "Fact and Fantasy in the Use of Options and Corporate Liabilities," *Financial Analysts Journal*, 31 (July/August 1975): 36–41, 61–72.

Black, F. "How We Came Up with the Option Pricing Formula," *Journal of Portfolio Management*, 15, 2 (1989): 4–8.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Black, F., and M. Scholes. "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy*, 81 (May–June 1973): 637–59.

Hull, J. *Options, Futures, and Other Derivatives*, 7th edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2009.

Merton, R. C. "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (Spring 1973): 141–83.

On the causes of volatility

Fama, E. F. "The Behavior of Stock Market Prices," *Journal of Business*, 38 (January 1965): 34–105.

French, K. R. "Stock Returns and the Weekend Effect," Journal of Financial Economics, 8 (March 1980): 55–69.

French, K. R., and R. Roll. "Stock Return Variances: The Arrival of Information and the Reaction of Traders," *Journal of Financial Economics*, 17 (September 1986): 5–26.

Roll, R. "Orange Juice and Weather," *American Economic Review*, 74, 5 (December 1984): 861–80.

测验题

13.1 布莱克－斯科尔斯－莫顿股票期权定价模型对于一年后股票价格概率分布的假设是什么？对于一个连续复利收益率的假设是什么？

13.2 股票价格的波动率为年率30%，在一个交易日后价格变化比例的标准差是多少？

13.3 解释如何采用风险中性定价原理来推导布莱克－斯科尔斯－莫顿公式。

13.4 计算一个无股息股票3个月的欧式看跌期权的价格，这里期权行使价格为50美元，股票当前价格为50美元，无风险利率为年率10%，波动率为年率30%。

13.5 若两个月后股票预计将支付股息1.5美元，测验题13.4中的结果会如何变化？

13.6 什么是隐含波动率？应该如何计算欧式看跌期权的隐含波动率？

13.7 对于支付股息股票的美式看跌期权的布莱克近似是什么？

练习题

13.8 某股票的当前价格为40美元，假定其预期收益率为15%，波动率为25%。在一年期的股票收益率（连续复利）的概率分布是什么？

13.9 某股票的预期收益率为16%，波动率为35%，股票的当前价格为38美元：

a. 一个行使价格为40美元，期限为6个月的欧式看涨期权被行使的概率是多少？

b. 一个具有同样期限和行使价格的欧式看跌期权被行使的概率是多少？

13.10 采用本章的符号，证明 S_T 的95%置信区间介于

$$S_0 e^{(\mu-\sigma^2/2)T-1.96\sigma\sqrt{T}} \text{ 与 } S_0 e^{-(\mu+\sigma^2/2)T+1.96\sigma\sqrt{T}}$$

之间。

13.11 一个证券组合经理声称自己在过去10年平均每年的收益率为20%，这种说法存在什么欠缺？

13.12 假定一个无股息股票的预期收益率为 μ，波动率为 σ。一家具有创新意识的金融机构刚刚宣布它将交易在时刻 T 收益为

$$\frac{1}{T}\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)$$

的衍生产品，S_0 和 S_T 分别为股票在0时刻及 T 时刻的价格。

a. 描述以上产品的收益。

b. 采用风险中性定价理论来计算该衍生产品在0时刻的价格。

13.13 计算某无股息股票欧式看涨期权的价

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

格，其中股票价格为 52 美元，行使价格为 50 美元，无风险利率为年率 12%，波动率为年率 30%，期权期限为 3 个月。

13.14 计算某无股息股票欧式看跌期权的价格，其中股票价格为 69 美元，行使价格为 70 美元，无风险利率为年率 5%，波动率为年率 35%，期权期限为 6 个月。

13.15 某无股息股票看涨期权的市场价格为 2.5 美元，股票价格为 15 美元，行使价格为 13 美元，期限为 3 个月，无风险利率为年率 5%，隐含波动率是多少？

13.16 证明：布莱克－斯科尔斯－莫顿模型所给的看涨期权价格在 $T\to 0$ 时趋向于 $\max(S_0-K,0)$。

13.17 请详细解释，当某股票预期只发放一次股息时，布莱克近似法是对支付股息股票美式期权的一个近似。由布莱克近似法得出的估计值会高估还是会低估期权价格？解释你的答案。

13.18 考虑某股票的美式期权，股票价格为 70 美元，期权期限为 8 个月，波动率为 32%，无风险利率为 10%，在 3 个月和 6 个月时预计各有 1 美元的股息，采用附录 3A 中的结果来证明在两个除息日行使期权永远不会是最佳选择。采用 DerivaGem 软件来计算期权价格。

13.19 股票的当前价格为 50 美元，无风险利率为 5%，利用 DerivaGem 软件将以下欧式期权价格表转换为隐含波动率表，在计算中假定股票无股息。期权价格与布莱克－斯科尔斯－莫顿的假设一致吗？

行使价格	期限(以月为计)		
	3	6	12
45	7.00	8.30	10.50
50	3.50	5.20	7.50
55	1.60	2.90	5.10

13.20 证明：布莱克－斯科尔斯－莫顿给出的期权公式满足看跌－看涨期权平价关系式。

13.21 采用本章的符号，证明在风险中性世界，一个欧式期权将被执行的概率为 $N(d_2)$。在 T 时刻，如果股票价格大于 K，收益为 100 美元的衍生产品价格是多少？

作业题

13.22 某股票的当前价格为 50 美元。假定股票的预期收益率为年率 18%，波动率为 30%，在两年后股票价格的概率分布是什么？计算分布的期望值与标准差，并确定 95% 的置信区间。

13.23 假定在连续 15 个周末所观察的股票价格（以美元计）为：30.2，32.0，31.1，30.1，30.2，30.3，30.6，33.0，32.9，33.0，33.5，33.5，33.7，33.5，33.2

请估计股票价格的波动率，你所估计结果的标准差是多少？

13.24 某金融机构计划提供在时刻 T 收益为 S_T^2 的衍生品。假定股票不提供任何股息，利用风险中性定价原理推导该衍生品价格在 0 时刻与其他变量的关系（提示，S_T^2 的期望可由 13.1 节中 S_T 所示的期望值及方差给出）。

13.25 考虑一个无股息股票的期权，股票价格为 30 美元，行使价格为 29 美元，无风险利率为年率 5%，波动率为年率 25%，期权限期为 4 个月。

a. 如果期权是欧式看涨期权，其价格是多少？

b. 如果期权是美式看涨期权，其价格是多少？

c. 如果期权是欧式看跌期权，其价格是多少？

d. 验证看跌－看涨期权平价关系式。

13.26 假定作业题 13.25 中的股票在 1.5 个月时支付 50 美分股息。

a. 如果期权是欧式看涨期权，其价格是多少？

b. 如果期权是欧式看跌期权，其价格是多少？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

c. 采用附录 13A 中的结果来确认是否在某些情形下这一期权应被提前行使。

13.27 考虑一个美式看涨期权，股票当前价格为 18 美元，期权行使价格为 20 美元，期限为 6 个月，波动率为 30%，无风险利率为年率 10%。在今后 2 个月和 5 个月，股票预计会发放两次相同数量的股息，均为 40 美分。采用布莱克近似法及 DerivaGem 软件来对这一期权定价。假定在除息日股息量为 D，采用附录 13A 中的公式进行计算。为了使得美式期权价格不高于相应的欧式期权价格，股息 D 的最大值是多少？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录 13A 支付股息股票美式看涨期权的提前行使

在第 10 章，我们看到对于一个无股息股票的美式期权，在到期日之前行使该期权不会是最优。一个类似的论证表明，对于一个支付股息的美式看跌期权，其行使日期只可能是股票除息日之前瞬间。假定股票预计在时间 $t_1, t_2, \cdots, t_n$（其中，$t_1 < t_2 < \cdots < t_n$）派发股息，在每个除息日的股息量分别为 $D_1, D_2, \cdots, D_n$。

首先考虑在最后一个除息日（即 t_n）前提前行使期权的可能性。如果期权在 t_n 被行使，投资者的收益为

$$S(t_n) - K$$

其中，$S(t)$ 为股票在 t 时刻的价格。

如果期权没有被行使，股票价格下跌到 $S(t_n) - D_n$。如第 10 章所示，期权的一个下限为

$$S(t_n) - D_n - Ke^{-r(T-t_n)}$$

因此，如果

$$S(t_n) - D_n - Ke^{-r(T-t_n)} \geqslant S(t_n) - K$$

即

$$D_n \leqslant K(1 - e^{-r(T-t_n)}) \qquad (13A\text{-}1)$$

则在 t_n 时刻行使期权不会是最优。反之，如果

$$D_n > K(1 - e^{-r(T-t_n)}) \qquad (13A\text{-}2)$$

则当 $S(t_n)$ 足够大时，在 t_n 行使期权为最佳。当最后一个除息日接近期权到期日（即当 $T - t_n$ 很小）且股息很大时，不等式（13A-2）往往会被满足。

接下来考虑 t_{n-1} 时刻，即倒数的第 2 个除息日。如果期权在 t_{n-1} 时刻被行使，投资者收益为

$$S(t_{n-1}) - K$$

如果期权在 t_{n-1} 时刻没有被行使，则股票价格降至 $S(t_{n-1}) - D_{n-1}$，之后最近一个可行使期权的时刻为 t_n。如果在 t_{n-1} 不行使期权，期权价格的下限为

$$S(t_{n-1}) - D_{n-1} - Ke^{-r(t_n - t_{n-1})}$$

因此，如果

$$S(t_{n-1}) - D_{n-1} - Ke^{-r(t_n - t_{n-1})} \geqslant S(t_{n-1}) - K$$

即

$$D_{n-1} \leqslant K(1 - e^{-r(t_n - t_{n-1})})$$

在 t_{n-1} 时行使期权不会是最优。类似地，对于任意 $i < n$，如果

$$D_i \leqslant K(1 - e^{-r(t_{i+1} - t_i)}) \qquad (13A\text{-}3)$$

在 t_i 之前的瞬间行使期权不会是最优。例 13A-1 说明了如何应用这些结论。

不等式（13A-3）与以下不等式近似等价

$$D_i \leqslant Kr(t_{i+1} - t_i)$$

假定 K 与当前股票价格十分接近，股息收益率至少非常接近或高于无风险利率时以上不等式才可能不成立。

由这一分析可以得出，在大多数情形下，美式期权可能被提前行使的时间为最后一个除息日 t_n。再有，如果（13A-3）不等式对于 $i = 1, 2, \cdots, n-1$ 均成立，并且不等式（13A-1）也成立，那么可以确认提前行使期权不为最优。

【例 13A-1】 测试一个看涨期权是否应被提前行使

例 13-6 给出了一个美式期权，其中 $S_0 = 40$，$K = 40$，$r = 0.09$，$\sigma = 0.3$，$t_1 = 0.1667$，$t_2 = 0.4167$，$T = 0.5$，$D_1 = D_2 = 0.5$，因此

$$K(1 - e^{-r(t_2 - t_1)}) = 40(1 - e^{-0.09 \times 0.25}) = 0.89$$

因为这一数量大于 0.5，因此由不等式（13A-3）得出，期权在第 1 个除息日之前不应该被提前行使。同样，

$$K(1 - e^{-r(T - t_2)}) = 40(1 - e^{-0.09 \times 0.08333}) = 0.30$$

这一数量大于 0.5，因此由不等式（13A-1）得出，当实值程度足够大时，期权应该在第 2 个除息日之前的瞬间被提前行使。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 14

第 14 章

雇员股票期权

雇员股票期权是公司授予其雇员的对本公司股票的看涨期权，这些期权使得雇员能分享公司的财富。如果公司效益从而使其股票价格高于行使价格，雇员可以通过行使期权，然后将所得股票按市场价格卖出而获利。

在最近 20 年里，雇员期权变得非常流行。很多公司尤其是高科技公司认为，吸引和挽留最优秀人才的唯一办法是给予他们诱人的股票期权方案。一些公司只对其高级管理人员授予期权，而另一些公司则授予各层次的工作人员。微软是最早使用雇员期权的公司之一，所有微软雇员都被授予了期权。当公司的股票价格上涨时，据估计至少有 1 万人成了百万富翁。2003 年，微软宣布将停止使用期权，而直接将微软股票奖励给其雇员。但世界各地仍有其他公司热衷于继续使用雇员股票期权。

股票期权很受新公司的欢迎，这些公司往往没有足够的财力支付给关键雇员像大公司那样的待遇，而解决这些问题的办法就是利用股票期权来补偿。如果公司成功，那么在公司 IPO 时，这些期权很可能非常有价值。一些新成立的公司甚至给仅仅在暑假期间为其工作几个月的实习生授予期权。在某些情况下，这使得一些实习生凭空得来一大笔钱。

本章将解释股票期权方案是如何运行的，以及为何其流行程度受会计处理的影响。我们将讨论雇员股票期权是否会使股东的利益与公司高级管理人员的利益一致。另外，还将描述这些期权是如何定价的，并且回顾一些有关的丑闻。

14.1 合约的设计

雇员股票期权常常延续 10 ~ 15 年之久，行使价格一般设为股票在授予日的价格，因此初始期权是平值的。雇员股票期权方案常常含有以下特点：

- 有一段等待期(vesting period)，在此期间期权不能被行使，这段等待时间可以延续长达

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

4 年。

- 如雇员在等待期内离开公司(自愿或非自愿)，期权将作废。
- 如雇员在等待期之后离开公司(自愿或非自愿的)，虚值期权将会作废，但已经生效(vested)的实值期权必须马上行使。
- 雇员不允许出售这些期权。
- 当雇员行使期权时，公司将会发行新股票，并将其按行使价格卖给雇员。

提前行使决策

上面提到的雇员股票期权的第四个特点有很重要的意义。如果为了某种原因雇员想将已经生效的期权收益变成现金，就必须行使期权，然后将标的股票卖掉。他们不能将期权卖给别人，这常常会使雇员期权的行使比在交易所或场外交易的同类看涨期权要早。

考虑一个无股息股票的看涨期权，在第 10.5 节我们已证明了如果这是一个普通的看涨期权，那么它永远不应该被提前行使。在期权到期之前，期权持有者随时可以将期权卖掉而获得比行使期权更好的结果。但是，第 10.5 节的结论对雇员股票期权并不适用。因为雇员股票期权无法出售，雇员获利的唯一方式就是行使期权并卖出股票。

雇员是否会在到期日之前行使期权并且为了保留股票而不将其卖掉呢？我们在此假设期权的行使价格在有效期内是常数，而且可以在任何时刻被行使。为了回答这个问题，我们考虑两种期权：一种是雇员股票期权，另一种是同类的可以在市场上出售的普通期权。将第一种期权记为期权 A，第二种期权记为期权 B。如果股票无股息，我们知道，期权 B 永远不应该被提前行使，因此，提前行使期权 A 并保留股票不会是最理想的做法。如果雇员想拥有公司的一些股份，那么更好的做法是保留期权。如第 10.5 节所述，这样做将会推迟支付行使价格的时间，并保留期权的保险价值。只有当行使期权 B 为最好的选择时，在到期日之前行使期权 A 并保留股票才会是理性的。[⊖] 如在第 13 章附录 A 中讨论的那样，只有当相对较多的股息将要被支付的情况下，行使期权 B 才会是最佳选择。

在实际操作中，雇员提前行使期权的行为因公司而异且差别很大。一些公司具有不提前行使期权的文化，而在另一些公司往往会在等待期刚结束就马上行使期权，即使期权稍有薄利。

14.2 期权会促进股东与管理人员利益一致吗

能使投资者对资本市场具有信心的一个重要因素是股东与管理人员的利益比较一致。这意味着管理层应试图做出与股东最大利益一致的决策。管理人员是股东的代理人，如第 8 章所讨论的，经济学家将由于管理层不以股东的利益为重时，股东所受的损失叫做**代理成本**(agency costs)。从美国对那些忽略其股东利益的管理人员所判的重刑来看，虽然有安然公司这样的丑闻，但美国还是很坚定地将代理成本控制在较低的水平。

期权有助于使管理人员的利益与股东一致吗？这个问题的答案并非直截了当。毫无疑问，对新企业来说，期权达到了一定的目的，这些期权对于公司的主要股东(往往也包括公司的高管)是一个刺激公司雇员加班加点的有力工具 。如果公司很成功并 IPO，那么雇员将会获得很多收益。但如果公司不成功，这些期权将会一文不值。

但是，对于已经公开上市交易的公司所授予其高管的期权却有很多争议。据估计，雇员股票期权在美国大约占高层管理人员报酬的 50%。管理人股票期权有时也被称为高管的**绩效工资**

⊖ 唯一的例外可能是高管为了投票权而持有股票。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

(pay-for-performance)。如果公司的股票价格上涨，股东能获益，而高管也得到报酬，但这忽略了期权收益的不对称性。如果公司情况糟糕，那么股东将遭受损失，但对高管而言，唯一的影响是钱少一点而已。与股东不同的是，他们不会遭受损失。[⊖]绩效工资的一种较好的做法是简单地将股票授予管理人员，这时管理人员的获益和损失将与其他股东一致。

对高层管理人员，期权会产生什么样的诱惑呢？假设一位高管计划在 3 个月后行使很大数量的期权，那么对他来说，将选择公布好消息的时间，甚至将一个季度的收入计入另一季度，以便使股票价格在期权行使之前上涨。这种做法是具有一定诱惑力的。另一种可能性是，如果在 3 个月后将会授予高管平值期权，那么高管也许会采取措施使股票价格在授予股票期权之前下跌。当然，我们这里所讲的行为是不允许的，而且常常是非法的，但在本章后面所讨论的倒填日期(backdating)丑闻表明，一些高管对有关股票期权的做法确实是欠妥的。

即使没有上述不当行为，管理人股票期权往往会使高管只谋短期利益，而牺牲长期发展。由于期权收益的不对称性，在某些情况下高管甚至会去冒一些不必要的风险(这些风险无益于股东)。大型基金的管理人担心的是由于股票期权占高管报酬如此大的部分，而成为他们分心的重大来源。高层管理人员也许会花太多的时间去考虑他们报酬的各个方面，而不是花足够精力来经营自己的公司。

管理者掌握内部消息，并且可以影响结果与公布时间。这种操纵能力会使他们做出不利于股东利益的决策。一种比较极端的直接控制这种问题的建议是，使高管在买入或卖出其公司股票之前比如一个星期，公布其意向。[⊜]这会使市场对高管所做交易的原因做出自己的判断。因此，在高管买入之前，股票价格可能会上涨，而在卖出之前价格会下跌。

14.3 会计问题

与其他形式的报酬一样，雇员股票期权对公司而言是一种费用，而对雇员来说则是获益。尽管对许多人来说这一点是显然的，但仍有很大争议。许多高管似乎认为除非期权是实值，否则就没有价值。因此，他们认为对公司而言，平值期权并不是一种费用。事实上，如果期权对雇员是有价值的，那么对股东与公司而言，这肯定是一种费用。期权对公司的费用来自于公司已经同意当经营良好时，股票将以低于市场价格卖给雇员。

在 1995 年之前，当公司发行股票期权时，利润表(income statement)中记载的费用为期权的内在价值。大多数期权在发行时都是平值的，所以这项费用是零。1995 年发行了会计准则 FAS 123。许多人都认为新准则会要求公司对期权按其公平价值记成费用。但是，经过激烈的游说，1995 年版的 FAS 123 只是建议发行期权的公司按公平价值将期权作为费用登记在利润表中，而非硬性规定。如果公平价值没有被记在利润表中，那么必须在报表中以注释的形式加以说明。

现在会计准则已经改变，它要求公司按股票期权的公平价值将其列为费用记在利润表中。2004 年 2 月，国际会计准则理事会(International Accounting Standard Board)发表了 IAS 2，要求公司从 2005 年开始将股票期权作为费用。2004 年 12 月，FAS 123 做了修订，要求从 2005 年开始将雇员股票期权作为费用。

新会计准则的效果是在期权授予日对其定价，而且在利润表中列为费用。在此之后无须再做定价。事实上，在每个财务年度末(或每个季度)都应当对期权重新定价，直到被行使或期权到

⊖ 当期权变成虚值时，公司有时会将其以新的平值期权来代替。这种叫做**重新定价**(repricing)的做法导致了高管的获利与损失和股东的关联更加松散。

⊜ 这也适用于对期权的行使，因为如果高管要想行使期权并将所得股票卖掉，那么他将同样需要发出意向通知。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

期。[一]这种处理方式将雇员股票期权与公司所做的其他衍生产品交易一视同仁。如果期权在某一年比上一年更值钱，那么就应当在年终计入更多的费用；但是如果其价值下降，那么之前作为费用的一部分将被收回，这对公司收入具有很好的效应。这种处理方式有很多优点，对公司账目的累计效果反映了期权的真正费用（当期权不被行使时为零，被行使时是期权的收益）。尽管每年的记账依赖于所用的期权定价模型，但在期权整个有效期内的累计账目却与此无关。[二]可以说，这样做会大大减少公司进行如本章所述的倒填日期的动机。常常有人指出，这种会计处理方式的不利之处在于将增大利润表中的利润波动。[三]

非传统期权方案

2005 年之前为什么雇员期权在授予日往往是平值的，而且在期权有效期内其行使价格保持不变。这很容易理解。任何与这种标准方式不同的期权都很有可能需要公司将其作为费用。现在会计准则已经改变，所有的期权都需要按公平价格来作为费用。因此，许多公司都在考虑使用不同于标准形式的期权。

一种反对标准方式期权的论点是，当股票市场很好时，即使公司股票的表现不如市场，雇员的收益也会很大。解决这一问题的方法之一是将期权的行使价格与 S&P 500 指数联系起来。假如在期权授予日股票价格是 30 美元，而 S&P 500 指数为 1 500，最初的行使价格定为 30 美元。如果 S&P 500 增长 10% 到 1 650，那么股票期权的行使价格也上涨 10% 到 33 美元。如果 S&P 500 下降 15% 到 1 275，那么股票期权的行使价格也将下降 15% 到 25.50 美元。这样做的效果是，只有当公司股票的表现好于 S&P 500 指数的表现时，期权才会成为实值。除使用 S&P 500 作为参考指数之外，公司也可以使用由同一类企业的股票组成的指数。

标准期权的另一种变形是将行使价格以某种预定的方式上涨，因此只有当股票价格至少提供某种收益时期权才会成为实值。在有些情况下，盈利目标被预先指定，只有当盈利目标被满足时期权才会生效。[四]

14.4 定价

会计准则给了公司以何种形式对雇员股票期权定价很大的选择余地。在本节，我们将叙述其中的几种方法。一种常常被使用的方法是基于所谓的**预期寿命**（expected life），这是指雇员行使期权或期权作废的平均时间。预期寿命可以大致从记录雇员提前行使期权的历史数据来估计，并且反映等待期、雇员离开公司的影响以及如第 14.1 节所述的雇员股票期权比普通期权更倾向于被提前行使的影响。该方法利用布莱克－斯科尔斯－莫顿模型，并将期权的有效期 T 设成预期寿命。波动率一般是按第 13.4 节所述的方法由前几年历史数据来估计。

应当强调的是，以这种方式应用布莱克－斯科尔斯－莫顿模型是没有什么理论依据的。没有理由认为期限为 T 的欧式期权大致等于我们所关心的预期寿命为 T 的美式期权价格。但是这种模型所给出的价格并不是完全不合理。当将期权作为费用时，公司常常会提到在布莱克－斯科尔

[一] 见 J. Hull and A. White, "Accounting for employee Stock Options: A Practical Approach to Handling the Valuation Issues," *Journal of Derivatives Accounting*, 1: 1(2004): 3-9.

[二] 有趣的是，如果期权是现金支付而不是由公司发行新的股票，那么期权是按这里所述的会计方式处理的。然而，按现金结算或向雇员出售新股票是没有经济差别的。

[三] 事实上，如果股票期权被重新定价的话，利润表的波动性很可能会降低。当公司生意好时，对雇员股票期权重新定价时会降低利润，而公司生意不好时，利润将会增加。

[四] 对这种期权的定价是非常困难的，因为期权既依赖于公司会计数目，又依赖于股票价格。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

斯－莫顿模型计算中所用的预期寿命及波动率。例 14-1 描述了如何用这一方法来定价雇员股票期权。

【例 14-1】 对雇员股票期权估值的一种流行方法

一家公司在 2008 年 11 月 1 日授予其高管 100 万份期权。当时的股票价格是 30 美元，并且期权的行使价格也是 30 美元。期权有效期 10 年，等待期为 3 年。公司在过去的 10 年内一直在发行类似的平值期权，而这些期权被行使或作废的平均时间是 4.5 年，因此公司决定使用 4.5 年的预期寿命。利用几年的历史数据，公司估计出的股票价格长期波动率为 25%。在今后 4.5 年内所付股息的现值估计为 4 美元，4.5 年期的无风险零息利率为 5%。因此，由布莱克－斯科尔斯－莫顿模型对期权定价时(按第 13.10 节所述的方式对股息进行调整)，$S_0=30-4=26$，$K=30$，$r=5\%$，$\sigma=25\%$ 以及 $T=4.5$ 年。布莱克－斯科尔斯－莫顿公式给出了一个期权的价值为 6.31 美元。因此，在利润表上将 $1\ 000\ 000\times 6.31=6\ 310\ 000$ 美元列为费用。

对雇员股票期权定价的另一种比较复杂的方法是如第 12 章那样建立二叉树，并且在倒推计算时做以下调整：期权是否已经生效；雇员离开公司的概率；雇员选择行使期权的概率。[⊖]赫尔和怀特建议一种简单的模型，其中一旦期权生效并且股票价格与行使价格的比率高出某一水平，雇员将立即行使期权。[⊜]这样只要求对于提早行使期权的一个变量参数进行估计。

稀释效应

当雇员行使期权时，公司需要发行新股，并按低于目前市场上的价格将其卖给雇员，这将会导致对公司现有股票在一定程度上的稀释。很自然地，人们会认为稀释效应是发生在期权被行使的时刻，但事实上并非如此。当市场上第一次得到有关股票期权被授予的消息时，股票价格就已经被稀释：即市场上已经预料到行使期权的这种可能性，并立即体现在股票的价格上。业界实例 14-1 中的例子强调了这一点。

当期权公布时，股票价格反映了可能的稀释效应。只要在对期权定价时使用这个价格，那么就没有必要去为了稀释效应而调整期权价格。在许多情况下，市场会预料公司将不断授予雇员股票期权，所以股票的市场价格在期权公布之前就已经预料到了这种稀释作用。

| 业界实例 14-1 | 雇员股票期权以及稀释效应

考虑某公司的 10 万股股票，每股价格为 50 美元。当公司宣布将授予员工 10 万份行使价格为 50 美元的看涨股票期权时，这个消息自然会给市场带来冲击。雇员股票期权可以减少工资支出，可以更好地激励管理层，但当员工股票刚刚给出时，如果市场没有认识到这些好处，那么股票价格会在消息宣布之后立即下跌。如果股价下跌至 45 美元，对当前股东的稀释成本为每股 5 美元，即总共 50 万美元。

假设公司运作良好，在 3 年后股价为 100 美元。再进一步假设此时所有的期权都

⊖ 更多信息和例子，见 J. Hull Optoins, *Futures, and other Derivatives*, 7th edn. Pearson, 2008.

⊜ 见 J. Hull and A. White, "How to Value Employee Stock Options," *Financial Analysts Journal*, 60, 1 (2004): 3-9. Software for implementing this approach is available at: www. rotman. utoronto. ca/ ~ hull

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

被行使了，对员工的收益为每份期权 50 美元。有人认为，当原有的 10 万股股票和以行使期权(即以 50 美元发行每股)所得的 10 万股股票合并在一起时，会对原有的股票产生进一步的稀释，因此股价下跌至 75 美元，且期权持有人的收益仅为 25 美元。但是这种说法有缺陷，因为期权的行使已经为市场所预计，同时已经在股票价格中有所体现，所以期权的收益还是 50 美元。

这个例子说明当市场有效时，雇员股票期权稀释效应在消息宣布时已经体现在股价中了，所以在计算期权价值时无须再进一步考虑。

14.5 倒填日期丑闻

如果在讨论雇员股票期权时不提及倒填日期丑闻，那么这样的讨论是不完整的。倒填日期是将文件的发行日期写成早于当前日期的行为。

假设一家公司决定在 4 月 30 日当股票价格为 50 美元时向其雇员授予平值期权。如果在 4 月 3 日股票价格是 42 美元，这时将期权当成是在 4 月 3 日被授予的，并且使用 42 美元的行使价格，这样的做法是很诱人的。只要公司在 4 月 30 日决定向雇员授予期权时将期权报告成 8 美元实值，这样做是合法的。但是，如果公司将期权报告成为在 4 月 3 日的平值期权，那么这种做法是非法的。在 4 月 3 日行使价格为 42 美元的期权价值比其在 4 月 30 日的价格要小得多。当公司将期权报告成在 4 月 3 日被授予时，股东被蒙骗了授予期权的真正费用。

倒填日期到底有多普遍？为了回答这个问题，研究人员调查了在公司公布的期权授予日期其股票价格在平均意义下是否比较低。Yermack 的早期研究表明，股票价格在公司报告的授予日后倾向于上涨。[㊀]Lie 推广了 Yermack 的结果，并且证明了在公司报告期权授予日之前股票价格会倾向于下跌，[㊁]而且他还证明了授予日前后股票价格变化的规律随时间而更加明显。他们的结果见图 14-1。该图显示了在 1993 ~ 1994 年，1995 ~ 1998 年与 1999 ~ 2002 年之间在期权授予日前后股票价格的异常收益率(异常收益率是指对市场组合以及股票 Beta 进行调整后的收益)。标准的统计分析表明，像在图 14-1 中所示的规律靠碰巧观察是几乎不可能的，这使得学术界与监管部门在 2002 年断定倒填日期已经变得非常普遍。2002 年 8 月，SEC 要求公众企业将授予的期权在两天之内进行报告。Heron 和 Lie 证明了这项要求大大降低了在授予日前后的异常收益率，尤其是对遵循这项要求的企业更是如此。[㊂]也许可以认为图 14-1 中的规律是因为管理人员仅仅是在坏消息后或好消息前选择授予期权，但是 Heron 和 Lie 的研究结果提供了有力证据，情况并不是这样的。

对非法倒填期权授予日期的美国公司数量有各种估计，几十家甚至几百家公司好像都采取了这种做法。许多公司似乎都采取了一种可以接受不超过一个月的倒填日期的态度。当倒填日期被曝光后，一些公司 CEO 辞职。在 2007 年 8 月，博科通讯系统公司的乔治·雷耶斯是第一个接受审判并被判倒填股票期权日有罪的公司总裁。据说，雷耶斯曾对一位人事部门职员说：“只要你不被抓住，那么就不是非法的。”2008 年 1 月，他被判处 21 个月的徒刑，并被判罚 1 500 万美元。这次判决在日后的上诉中又被撤销了。

涉及倒填日期的公司不得不重述财务报表，而且成为了声称由于公司倒填期权日期而遭受经

㊀ 见 D. Yermack，“Good Timing：CEO Stock Option Awards and Company News Announcements，”*Journal of Finance*，52 (1997)，449-476.

㊁ 见 E. Lie，“On Timing of CEO Stock Options Awards，”*Management Science*，51：5 (May 2005)，802-12.

㊂ 见 R. Heron and E. Lie，“Does Backdating Explain the Stock Pattern around Stock Option Grants，”*Journal of Financial Economics*，83：2 (February 2007)，271-95.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

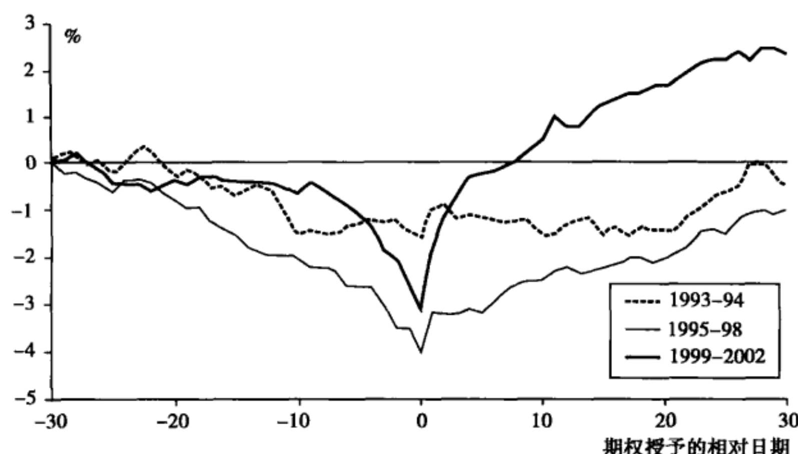


图 14-1 倒填日期实例

济损失的股东集体上诉的被告。例如，McAfee 公司在 2007 年 12 月宣布将重新报告 1995 ~ 2005 年之间的盈利，最后下调营业额高达 1.374 亿美元。在 2006 年，公司拿出 1 380 万美元来应付官司。

小结

在过去 20 年里，高管报酬迅猛增长，而且大部分的增长来自于行使被授予高管的股票期权。直到 2005 年，授予平值股票期权是很受欢迎的薪酬方式。这些期权对利润表毫无影响，但对雇员却很有价值。现在的会计准则要求将期权作为费用，这是否会减少期权的流行程度还有待时间的考验。

对雇员股票期权的定价有许多不同的方法。一种普遍的做法是利用布莱克 – 斯科尔斯 – 莫顿模型，将期权的有效期设成等于行使期权或期权作废的预期时间。

学术界的研究表明，毫无疑问，许多公司使用倒填股票期权授予日期来减少行使价格，并且仍然将期权当成平值期权的非法活动，对这种非法行为的第一次审判是在 2007 年。

推荐阅读

Carpenter, J., "The Exercise and Valuation of Executive Stock Options," *Journal of Financial Economics*, 48, 2 (May): 127–58.

Core, J. E., and W. R. Guay, "Stock Option Plans for Non-Executive Employees," *Journal of Financial Economics*, 61, 2 (2001): 253–87.

Heron, R., and E. Lie, "Does Backdating Explain the Stock Price Pattern around Executive Stock Option Grants," *Journal of Financial Economics*, 83, 2 (February 2007): 271–95.

Huddart, S., and M. Lang, "Employee Stock Option Exercises: An Empirical Analysis," *Journal of Accounting and Economics*, 21, 1 (February): 5–43.

Hull, J., and A. White, "How to Value Employee Stock Options," *Financial Analysts Journal*, 60, 1 (January/February 2004): 3–9.

Lie, E., "On the Timing of CEO Stock Option Awards," *Management Science*, 51, 5 (May 2005): 802–12.

Rubinstein, M., "On the Accounting Valuation of Employee Stock Options," *Journal of Derivatives*, 3, 1 (Fall 1996): 8–24.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Yermack, D., "Good Timing: CEO Stock Option Awards and Company News Announcements," *Journal of Finance*, 52 (1997): 449–76.

测验题

14.1 为什么在 2005 年之前公司授予平值期权的做法很受欢迎？

14.2 典型的雇员期权与交易所或场外市场所交易的美式期权之间有哪些主要区别？

14.3 解释为什么无股息股票雇员期权常常在有效期之前被行使，而关于这种股票的交易所交易的看涨期权却永远不会被提前行使。

14.4 "股票期权很好，因为它提供了使高管为股东的最佳利益努力的动机。"讨论这种观点。

14.5 "向高管授予股票期权就好像允许足球队员对球赛结果下赌注一样。"讨论这种观点。

14.6 为什么在 2002 年之前美国的一些公司倒填期权授予日期？在 2002 年后有何变化？

14.7 如果股票期权在每个季度末被重新定价，这对减少倒填日期有何帮助？

练习题

14.8 如何进行分析并产生图 14-1 中的图形。

14.9 5 月 31 日，一家公司的股票价格是 70 美元，现有 100 万股。某高管行使了 10 万份、行使价格为 50 美元的股票期权。这对股票价格有何影响？

14.10 公司财务报表的一项附注提到："我们的高管股票期权延续 10 年，在 4 年后生效。我们对今年所授期权的定价是使用布莱克－斯科尔斯－莫顿模型，预期寿命为 5 年，波动率为 20%。"这说明了什么？讨论公司使用的模型。

14.11 一家公司向其高管授予了 50 万份期权。股票价格与行使价格均为 40 美元，期权延续 12 年，在 4 年后生效。公司决定使用 5 年的预期寿命、每年 30% 的波动率来对期权进行定价。公司不付股息，无风险利率是 4%。公司在其利润表中所报的费用是多少？

14.12 某公司的 CFO 说："对股票期权的会计处理方式很荒唐。当股票价格是 30 美元时，我们给公司雇员授予了 1 000 万份平值期权。我们估计在授予日每份期权的价值为 5 美元。在年终，股票价格已经下降到 4 美元，但我们仍需要在利润表中记上 5 500 万美元的费用。"请讨论。

作业题

14.13 某公司授予员工 200 万份期权，股票价格和行使价格均为 60 美元，期权期限为 8 年，等待期为 2 年。公司决定以预计平均期限 6 年、波动率 22% 来计算期权的价值。股票分红为每年 1 美元，年中支付，无风险利率为 5%。在公司的利润表中，这些期权的成本是多少呢？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 15

第 15 章

股指期权和货币期权

在第 9 章我们引入了股指期权与货币期权。本章将详细讨论这些产品。我们将介绍产品的运作过程并讨论这些产品的一些应用方式。在本章的后半部分，我们将在第 13 章中提出的定价方法推广到连续股息的情形。然后证明股指与货币都类似于支付连续股息的股票价格。因此，对支付连续股息的股票期权定价结论也适用于对股指及货币的期权产品。

15.1 股指期权

有若干家交易所交易股票指数(股指)上的期权。这些股指中有的反映市场整体走向，有的是基于某个特殊行业的行情(例如，计算机、石油及天然气、交通及电信等行业)。芝加哥期权交易所交易的期权包括 S&P 100(OEX 及 XEO)指数上的美式与欧式期权、S&P 500(SPX)指数上的欧式期权、道琼斯工业平均指数(DJX)上的欧式期权以及纳斯达克 100(NDX)指数上的欧式期权。在第 9 章我们曾提到过 CBOE 也提供这些指数上的期权。

股指期权合约的标的资产为指数值的 100 倍(注意，道琼斯指数期权为道琼斯指数报价的 0.01 倍)。股指期权以现金形式结算。这意味着，在期权被行使时，看涨期权持有者收入的现金额为$(S-K)\times 100$，同时期权承约人需支付现金，这里的 S 为期权行使日的收盘价。看跌期权持有者在行使时收入现金额为$(K-S)\times 100$，期权承约人需支付这笔现金。

15.1.1 证券组合保险

证券组合管理人可以利用期权来控制价格下滑的风险。假定股指的当前价格为 S，某管理人经营一个完全分散化的证券组合，该证券组合的 β 系数为 1.0。β 系数为 1 的交易组合收益反映了股指收益。假定交易组合收益率等于股指的收益率，那么交易组合价格的百分比变化大约等于股指价格百分比的变化。这里期权合约的标的资产为 S&P 500 指数的 100 倍。如果对于证券组合中

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

每 100S 美元资产，管理人买入一份行使价格为 K 的看跌期权，这样，管理人就可以使证券组合价值在股指价格低于 K 时得到保护。假定证券组合的价值为 500 000 美元，证券组合管理人买入 5 份 3 个月期限行使价格为 900 美元的看跌期权，则可以保证在今后 3 个月时，证券组合价值不会低于 450 000 美元。

为了说明这一运作过程，我们假定在 3 个月时股指价格下跌到 880。证券组合价值大约为 440 000 美元。期权收益为 5 ×（900 - 800）= 10 000 美元，该收益保证了证券组合的总价值为 450 000 美元(见例 15-1)。

【例 15-1】 保护一个模拟 S&P 500 指数的证券组合价值

一个管理者负责的证券组合价值为 500 000 美元，该管理者担心在 3 个月内市场可能迅速下跌，他决定采用股指期权来对证券组合进行保护，以保证证券组合价值不低于 450 000 美元。这一证券组合收益与 S&P 500 类似，S&P 500 指数的当前价格为 1 000。

交易策略

管理者买入 5 个行使价格为 900 的 S&P 500 指数看跌期权，期限为 3 个月。

结果

股指下跌到 880。

证券组合价值下跌到 440 000 美元。

5 个看跌期权的收益为 10 000 美元。

15.1.2 证券组合 β 不为 1.0 的情形

如果证券组合的 β 不等于 1.0，对于证券组合中每 100S_0 的价值，我们必须买入 β 数量的看跌期权，这里 S_0 为股指的当前价格。假定我们刚刚讨论的价值为 500 000 美元的证券组合 β 为 2.0 而不是 1.0，我们仍假定 S&P 500 股指价格为 1 000，这时买入看跌期权的数量为

$$2.0 \times \frac{500\ 000}{1\ 000 \times 100} = 10$$

而不是前面计算的数量 5。

为了找出合适的行使价格，我们可以采用资本资产定价模型(见附录 3A)。假定无风险利率为 12%，证券组合与股指的收益率平均为 4%，我们需要买入保险的目的是使得在今后 3 个月里证券组合价值不低于 450 000 美元。由资本资产定价模型得出，证券组合超出无风险利率之上的额外收益等于 β 乘以股指组合超出无风险利率之上的额外收益。资本资产定价模型使得证券组合价值在 3 个月后的期望值可以由 3 个月后的股指价格来描述。表 15-1 显示了股指价格为 1 040 的情形，这时，证券组合价值在 3 个月时期望值为 530 000 美元。当股指为其他价格时，我们也可以进行类似的计算。表 15-2 显示了计算结果。买入期权的行使价格应等于证券组合被保护的目标价值所对应的股指价格。此时，证券组合的保护价值为 450 000 美元，因此买入的 10 份看跌期权的行使价格为 960 美元。⊖

表 15-1 3 个月后股指价格为 1 040 时证券组合的期望值

3 个月后股指价格	1 040
由股指价格变化所得收益	40/1000 = 4%（每 3 个月）
股指股息	0.25 × 4% = 1%（每 3 个月）

⊖ 在今后 3 个月，股息收益所得大约为 500 000 美元的 1%，即 5 000 美元。如果我们设定证券组合被保护价值 450 000美元中包括股息收益，我们选择的行使价格应对应于 445 000 美元而不是 450 000 美元，行使价格应该选为 955 美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

（续）

股指的整体收益	4% +1% =5%（每 3 个月）
无风险利率	0.25 ×12% =3%（每 3 个月）
股指超出无风险利率的额外收益	5% −3% =2%（每 3 个月）
证券组合超出无风险利率的额外收益	2 ×2% =4%（每 3 个月）
证券组合的预期收益	3% +4% =7%（每 3 个月）
证券组合股息	0.25 ×4% =1%（每 3 个月）
证券组合预期增值	7% −1% =6%（每 3 个月）
证券组合期望值	500 000 ×1.06 =530 000（美元）

注：这里证券组合 $\beta=2.0$。

表 15-2 证券组合价值在其 β =2.0 时与股指价格的关系

3 个月后股指价格	3 个月后证券组合价值（以美元为计量）
1 080	570 000
1 040	530 000
1 000	490 000
960	450 000
920	410 000
880	370 000

为了说明保险策略，假定股指在 3 个月后下跌到 880，如表 15-2 所示，证券组合价值大约为 370 000 美元，看跌期权的收益为(960 −880) ×10 ×100 =80 000 美元，这一数量刚好为证券组合管理人将交易组合价值 370 000 提高到 450 000 所需要的资金数量（见例 15-2）。

【例 15-2】 保护 β 为 2.0 的证券组合的价值

一个管理者负责的证券组合的价值为 500 000 美元，该管理者担心在今后 3 个月市场可能迅速下跌，他决定采用股指期权来对证券组合进行保护，以保证证券组合价值不低于 450 000 美元。证券组合的 β 为 2.0，S&P 500 的当前价格为 1 000，无风险利率为年率 12%，股指及证券组合股息收益率为年率 4%。

策略

管理者买入 10 份行使价格为 960 美元的看跌期权。

结果

股指下跌到 880。

证券组合价值下跌到 370 000 美元。

10 个看跌期权收益为 80 000 美元。

比较例 15-1 及例 15-2，我们看到两个原因会造成 β 增大时，对冲的成本也增大，这是因为看跌期权行使价格增大，期权数量也会增大。

15.2 货币期权

货币期权主要在场外市场交易，该市场的优点在于交易者可以进行大额交易，并且该市场中产品的行使价格、到期日及其他特性可满足公司资金部的特殊需求。虽然美国纳斯达克交易所也进行货币期权交易，但交易所交易市场的规模远小于场外市场。

一个欧式看涨期权的实例如下：期权持有人有权以汇率 1.4（即 1 欧元兑换 1.4 美元）的价格买入 100 万欧元。在期权到期时，假定实际汇率为 1.45，期权收益为 1 000 000 ×（1.45 −1.40）= 50 000 美元。类似地，一个欧式看跌期权可以给期权持有者以汇率 0.7（即 1 澳元兑换 0.70 美元）

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

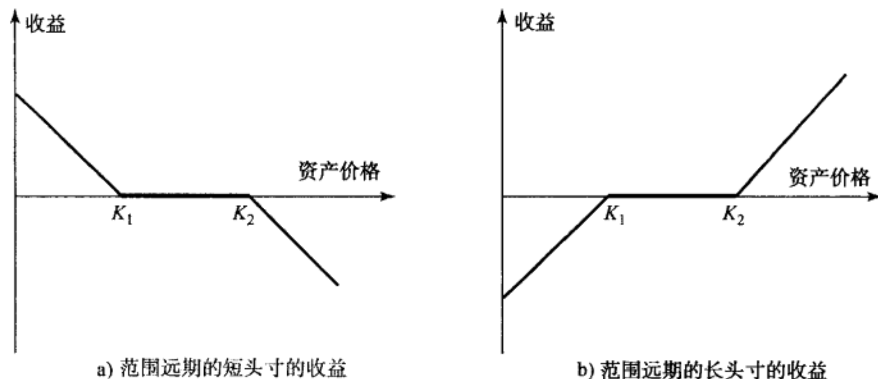
的价格卖出 1 000 万澳元。在期权到期时，假定实际汇率为 0.67，期权收益为 10 000 000 ×（0.70 − 0.67）= 300 000 美元。

对于一家希望对冲其外汇头寸的公司而言，外汇期权是一种十分诱人的外汇远期替代产品。在未来某一确定时刻会收到英镑的公司可以买入在同一时间到期的英镑看跌期权来对冲其风险，期权会保证英镑的价值不低于行使价格，同时允许公司从有利的汇率变动中获利。类似地，在未来某确定时刻将支付英镑的公司可以买入在同一时刻到期的英镑看涨期权来对冲其风险，期权会保证英镑的价值不高于一定水平，同时允许公司从有利的汇率变动中获利。远期合约锁定了将来某笔外汇交易中的汇率，而期权则提供了一种保险。这种保险并不是没有代价的。进入远期合约无须付费，但获得期权需要首先支付一定的费用。

范围远期合约

范围远期合约（range-forward contract）是标准远期合约的变形，这一合约可用于对冲外汇风险。考虑某家美国公司，该公司得知在 3 个月后将接受 100 万英镑。假定 3 个月期的远期汇率为每英镑 1.62 美元。这家公司可以进入远期合约短头寸来锁定汇率，在远期合约中这家公司在 3 个月时将卖出 100 万英镑。这样做公司能够确定在 3 个月后付出 100 万英镑的同时收入 162 万美元。

另一种做法是买入行使价格为 K_1 的看跌期权，同时卖出行使价格为 K_2 的看涨期权，其中 $K_1 < 1.62 < K_2$。这种策略被称为范围远期合约的短头寸，该交易策略的收益见图 15-1a，该交易策略的两个期权都是针对于 100 万英镑。在 3 个月时，如果汇率低于 K_1，这时看跌期权将被行使，因此公司能够以 K_1 的价格卖出 100 万英镑；当汇率介于 K_1 与 K_2 之间时，两个期权均不会被行使，公司以市场汇率价格卖出英镑；如果汇率高于 K_2，这时看涨期权将被行使，造成公司以汇率 K_2 卖出 100 万英镑。图 15-2 显示了 100 万英镑外汇交易所对应的汇率。



a) 范围远期的短头寸的收益　　b) 范围远期的长头寸的收益

图 15-1 两种情况下的收益

如果该公司知道 3 个月时将支出而不是收入 100 万英镑，公司可以卖出行使价格为 K_1 的看跌期权并同时买入一个行使价格为 K_2 的看涨期权。这种策略被称为范围远期合约的长头寸，该交易策略的收益显示在图 15-1b 中。如在 3 个月时汇率低于 K_1，看跌期权将被行使，公司以汇率 K_1 买入 100 万英镑；如果汇率介于 K_1 与 K_2 之间，两个期权均不会行使，公司能够以市场汇率价格买入 100 万英镑；如果汇率高于 K_2，看涨期权将被行使，公司能够以 K_2 的汇率买入 100 万英镑。买入 100 万英镑所付汇率与前面收入 100 英镑的汇率相同（见图 15-2）。

在实践中，构造范围远期时往往会使看跌期权价格等于看涨期权价格，从而范围远期合约的成本为 0，这与设立常规远期合约的成本为 0 相类似。假定美国与英国的利率均为 5%，外汇现市

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

汇率为1.62(这与远期汇率相同)。进一步假设汇率波动率为14%。我们可以利用 DerivaGem 来证明行使价格为1.60(即卖出1英镑的价格为1.60美元)的欧式看跌期权等于行使价格为1.641 3(即1.641 3美元买入1英镑)欧式看涨期权的价格(两个期权价格均为0.035 21)。因此，令 $K_1=1.60$，$K_2=1.641\ 3$，因此实例中的远期合约成本为0。

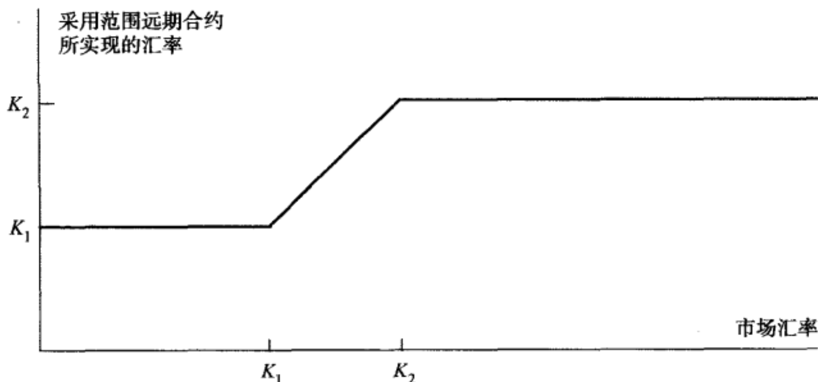


图 15-2　两种不同策略(a)用范围远期短头寸来对冲将来收入的外汇现金流和(b)用范围远期长头寸对冲将来支出的外汇现金流所对应的汇率

当一个范围远期合约中看涨与看跌期权的行使价格越来越近时，范围远期合约会成为一个常规远期合约。一个范围远期合约的短头寸会变为远期合约的短头寸，而一个范围远期合约的长头寸会变成远期合约的长头寸。

15.3　支付连续股息的股票期权

本节我们会建立一个简单规则，它可以将无股息股票上欧式期权公式的结果扩展到支付已知连续股息的股票期权及货币期权。然后会说明如何利用这些结果来推导关于股指及货币期权的定价公式。

股息会使股票在除息日的价格下跌，而下跌幅度刚好等于股息量。连续股息收益率 q 会使股票价格增长幅度比没有支付股息的股票价格增长幅度减少 q。如果支付连续股息的股票由今天的价格 S_0 增长到 T 时刻的价格 S_T，那么在没有股息的情况下，股票价格会从今天的价格 S_0 增长到 T 时刻的价格 S_Te^{qT}。换句话说，股票价格会从今天的价格 S_0e^{-qT} 增长到 T 时刻的价格 S_T。

这一分析说明，在以下两种情形下股票价格在时间 T 会产生相同的概率分布：

- 股票初始价格为 S_0，该股票支付连续股息收益率 q。
- 股票初始价格为 S_0e^{-qT}，该股票无任何股息。

这样我们可以得出一个简单规则：当对期限为 T 而且支付股息收益率为 q 的股票欧式期权定价时，我们可以将今天的股票价格由 S_0 降至 S_0e^{-qT}，然后将期权按无股息股票期权来处理。

15.3.1　期权价格的下限

作为以上规则的第一个应用，我们考虑一个连续股息收益率为 q 的股票上欧式看涨期权的下限。当式(10-1)中的 S_0 用 S_0e^{-qT} 代替时，我们得出一个欧式看涨期权价格 c 的下限

$$c \geqslant S_0e^{-qT}-Ke^{-rT} \tag{15-1}$$

我们也可以通过考虑以下两个证券的组合来直接证明这一点：

组合 A：一个欧式看涨期权加上数量为 Ke^{-rT} 的现金。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

组合 B：e^{-qT}股股票，其中股息被再投资于股票中。

为了取得欧式看跌期权的下限，我们可以类似地将式(10-2)中的 S_0 用 S_0e^{-qT}代替而得出

$$p \geqslant Ke^{-rT} - S_0e^{-qT} \tag{15-2}$$

这一结果也可以通过考虑以下两个证券的组合来直接得出：

组合 C：一个欧式看跌期权加上 e^{-qT}股股票，其中股息又被投资于股票之中。

组合 D：数量为 Ke^{-rT}的现金。

15.3.2 看跌－看涨期权平价关系式

将式(10-3)中的 S_0 由 S_0e^{-qT}代替，我们可以得出一个连续股息收益率为 q 的股票期权看跌－看涨期权平价关系式

$$c + Ke^{-rT} = p + S_0e^{-qT} \tag{15-3}$$

这一结果也可以通过考虑以下两个证券的组合来直接得到证明：

组合 A：一个欧式看涨期权加上数量为 Ke^{-rT}的现金。

组合 C：一个欧式看跌期权加上 e^{-qT}股股票，其中股息又被投资于该股票中。

以上两个交易的组合在时间 T 的价值均为 $\max(S_T, K)$，因此它们当前的价格必须相同，由此我们可得出由式(15-3)所表达的看跌－看涨期权平价关系式。对于美式期权，看跌－看涨关系式如下(见练习题 15.12)：

$$S_0e^{-qT} - K \leqslant C - P \leqslant S_0 - Ke^{-rT}$$

15.3.3 定价公式

将式(13-5)及式(13-6)中的 S_0 由 S_0e^{-qT}代替，我们可以得出连续股息收益率为 q 的股票看涨期权 c 及看跌期权 p 的价格

$$c = S_0e^{-qT}N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \tag{15-4}$$

$$p = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0e^{-qT}N(-d_1) \tag{15-5}$$

因为

$$\ln\frac{S_0e^{-qT}}{K} = \ln\frac{S_0}{K} - qT$$

d_1、d_2 分别由以下公式给出

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

这些结果最初由莫顿给出。[⊖] 如在第 13 章讨论的那样，期权定价中股息可以被定义为在除息日股票因为股息而下跌的数量。如果在期权有效期内股息为已知，但并不为常数，式(15-4)及式(15-5)仍然成立，这时公式中的 q 等于期权期限内股息的平均收益率。

15.4 股指期权的定价

在第 5 章对股指期货定价时，我们假设股指可以看做是支付一定票息收益率的股票。在对股

⊖ 见 *R. C. Merton*, "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (Spring 1973): 141-83。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

指期权定价时，我们可以采用类似的假设。这意味着式(15-1)与式(15-2)是关于欧式股指期权的下限，式(15-3)是关于欧式股指期权的看跌－看涨期权平价关系式；式(15-4)及式(15-5)可用来对欧式股指期权定价；二叉树可用来对美式期权定价。对应所有的情形，S_0 等于当前股指价格，σ 为股指的波动率，q 为期权有效期内年平均收益率。例 15-3 给出了这些公式的应用。

【例 15-3】 股指期权的定价

考虑一个 S&P 500 指数上的欧式看涨期权，期权期限为 2 个月，股指的现值为 930，行使价格为 900，无风险利率为年率 8%，波动率为年率 20%。在第 1 个月和第 2 个月，股指将预计分别提供 0.2% 和 0.3% 的股息。这时 $S_0=930$，$K=900$，$r=0.08$，$\sigma=0.2$，$T=2/12$，在期权期限内的全部股息率为 0.2% + 0.3% =0.5%，即年股息率为 6×0.5% =3%，因此 $q=0.03$ 以及

$$d_1=\frac{\ln(930/900)+(0.08-0.03+0.2^2/2)\times 2/12}{0.2\sqrt{2/12}}$$

$$=0.5444$$

$$d_2=\frac{\ln(930/900)+(0.08-0.03-0.2^2/2)\times 2/12}{0.2\sqrt{2/12}}$$

$$=0.4628$$

$$N(d_1)=0.7029 \qquad N(d_2)=0.6782$$

因此由式(15-4)给出的期权价格 c 为

$$c=930\times 0.7069e^{-0.03\times 2/12}-900\times 0.6782e^{-0.08\times 2/12}$$

$$=51.83$$

即一份合约的价值为 5 183 美元。

在计算 q 时，我们应该只考虑除息日在期权有效期内的股息。在美国，股票除息日往往在 2 月份、5 月份、8 月份及 11 月份的第 1 周，因此在任意给定时刻，q 往往会同期权的期限有关。对于其他国家的股票指数，情况更是如此。例如，日本所有的公司往往采用同一个除息日。

如果股指中所含股息的绝对数量已知(而不是连续收益率为已知)，我们仍然可以采用标准布莱克－斯科尔斯－莫顿公式，这时只需在初始股票价格中除去股息的贴现值。在第 13 章对提供已知股息的股票期权定价时，我们曾推荐这一方法，但这一方法可能很难适用于一个包含大数量股票的股指，因为在计算过程中我们需要股指所含股票的所有股息信息。

有时人们会认为，长期来讲一个股票组合的收益会好过于一个具有同样初始价值的债券组合的收益。如果真是这样的话，那么标的资产为股票组合的长期限看跌期权的价格会非常便宜，这里期权的行使价格等于债券价格在将来的值。事实上，就像业界实例 15-1 指出的那样，这种看跌期权的价格仍很昂贵。

| 业界实例 15-1 | 是否可以保证长期股票收益一定优于债券的收益

人们常说，长线投资者应该购买股票而不是债券。考虑某个美国基金经理，他试图说服投资者购买一个模拟 S&P 500 指数的股票基金。该基金经理可能向投资者保证其基金在今后 10 年内的收益至少要好过无风险利率的收益。由历史数据来看，几乎任意一个 10 年的股票收益都要好过债券收益。基金经理的承诺看来似乎不太值钱。

事实上，这种承诺惊人的昂贵。假定股指今天的价格为 1 000，连续股息收益率为年率 1%，股指波动率为 15%，10 年的无风险利率为年率 5%，如果比债券投资要好，股票每年的收益要高于 5%。因为股息收益为 1%，因此资本收益率至少为 4%，这意味着 10 年后的股指水平至少为 1 000 $e^{0.04\times 10}$ =1 492。

对未来 10 年中投资达到 S&P 500 上 1 000美元的收益高于无风险投资利率的保

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

证也就等于一个行使价格为 1 492 的 10 年期看跌期权。这一看跌期权可由式(15-5)来定价，计算中输入参数 $S_0=1\ 000$，$K=1\ 492$，$r=5\%$，$\sigma=15\%$，$T=10$，$q=1\%$，看跌期权价格为 169.7 美元。这一过程显示基金经理所做出的承诺等于股指基金价格的 17%，这么贵重的承诺可不能免费给出。

运用远期价格

定义 F_0 为股指在时间 T 到期的远期价格，如式(5-3)所示，$F_0=S_0e^{(r-q)T}$。这意味着式(15-4)和式(15-5)中欧式看涨期权价格 c 和欧式看跌期权价格 p 为

$$c = F_0e^{-rT}N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \tag{15-6}$$

$$p = Ke^{-rT}N(-d_2) - F_0e^{-rT}N(-d_1) \tag{15-7}$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(F_0/K) + \sigma^2T/2}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(F_0/K) - \sigma^2T/2}{\sigma\sqrt{T}}$$

一旦取得了对于一系列期限所相应的远期价格，我们可以定义远期价格的期限结构，对于其他的期权，我们可以采用式(15-6)和式(15-7)来进行定价。以上做法的优点是，在定价过程中我们不需要明确估计股指的股息收益率。

15.5 欧式货币期权的定价

为了对货币期权进行定价，我们定义 S_0 为现市汇率。精确地讲，S_0 为一个单位的外币所对应的美元数量。如第 5 章所示，外币可看成等价于支付连续股息的股票。一个外币持有者收入的股息收益率等于外币无风险利率 r_f。将式(15-1)及式(15-2)中的 q 用 r_f 替代，我们得出欧式看涨期权 c 及欧式看跌期权 q 的下限：

$$c \geqslant S_0e^{-r_fT} - Ke^{-rT}$$

$$p \geqslant Ke^{-rT} - S_0e^{-r_fT}$$

将式(15-3)中的 q 用 r_f 替代，我们可以得出对于欧式货币期权的看跌－看涨期权平价关系式

$$c + Ke^{-rT} = p + S_0e^{-r_fT}$$

最后将式(15-4)及式(15-5)中的 q 用 r_f 替代，我们可得出欧式货币期权的定价公式

$$c = S_0e^{-r_fT}N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \tag{15-8}$$

$$p = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0e^{-r_fT}N(-d_1) \tag{15-9}$$

式中

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - r_f + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - r_f - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

例 15-4 说明如何用这些公式来计算货币期权的隐含波动率。国内及国外的无风险利率分别对应于期限 T。看跌及看涨期权具有对称性质，即以货币 B 买入货币 A，行使价格为 K 的看跌期权等价于对于以货币 A 买入货币 B 的行使价格为 $1/K$ 的看涨期权。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

【例 15-4】 货币期权的隐含波动率

考虑一个4个月期限的英镑欧式看跌期权。假定当前英镑/美元汇率为1.6，期权行使价格为1.6，美国无风险利率为年率8%，英国无风险利率为年率11%，假定期权价格为4.3美分，我们可以通过试错法来求取隐含波动率。波动率为20%时，期权价格为0.063 9；波动率为10%时，期权价格为0.028 5；依此类推，我们计算得出的隐含波动率为14.1%。

运用外币远期

由于银行和其他金融机构大量交易货币远期，因此远期汇率经常被用于货币期权定价。

由式(5-9)得出，对应于期限 T 的远期汇率为

$$F_0 = S_0 e^{(r-r_f)T}$$

这一结果可将式(15-8)和式(15-9)简化为

$$c = e^{-rT}[F_0 N(d_1) - KN(d_2)] \qquad (15\text{-}10)$$

$$p = e^{-rT}[KN(-d_2) - F_0 N(-d_1)] \qquad (15\text{-}11)$$

及

$$d_1 = \frac{\ln(F_0/K) + \sigma^2 T/2}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(F_0/K) - \sigma^2 T/2}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

注意，利用式(15-10)与式(15-11)对现市汇率期权定价时，只有保证远期汇率期限与期权期限一致，结果才会正确。

式(15-10)和式(15-11)与式(15-6)和式(15-7)一样，在第16章我们会看到，任何标的资产的欧式期权都可以通过这些公式来计算，这使得远期和期货价格比现货价格应用得更广泛。

15.6 美式期权

如第12章所述，二叉树可以被用来对美式股指和货币期权定价。对于无股息股票而言，决定价格上涨幅度的变量 u 等于 $e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$，其中 σ 为波动率，Δt 为时间步长，决定价格下跌幅度的变量 $d = 1/u = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$。对于无股息股票，价格上涨所对应的概率为

$$p = \frac{a-d}{u-d}$$

其中，$a = e^{r\Delta t}$。对于股指和货币期权，计算 p 的公式不变，但计算 a 的公式会有所变化。对于股指期权，

$$a = e^{(r-q)\Delta t}$$

其中，q 为股息收益率；对于货币期权

$$a = e^{(r-r_f)\Delta t}$$

其中，r_f 为外国的无风险利率。第12.9节中的例12-1显示了如何利用一个两步二叉树来对一个股指期权定价，例12-2说明了如何构造一个三步二叉树来对一个货币期权定价。在第18章，我们将给出了更多的关于股指和货币期权定价的例子。

在某些情形，提前行使美式货币期权为最优。因此，美式货币期权比相应的欧式货币期权价值高。一般来说，对高利率货币的看涨期权和低利率的看跌期权，在期权到期之前更容易提前行

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

使。这是因为高利率货币更容易贬值，而低利率货币更容易升值。

小　结

在交易所交易的股指期权以现金结算。在行使看涨期权时，期权持有人的收入为 100 乘以股指超出行使价格的数量。类似地，在股指看跌期权被行使时，期权持有人收入为 100 乘以行使价格超出股指价格的数量。股指期权可用来对证券组合进行保险。如果证券组合与股指有类似的收益，我们可以对证券组合中每 $100S_0$ 的价值买入一份看跌期权。如果证券组合与股指的收益不同，对于证券组合每 $100S_0$ 的价值，我们需要买入 β 份看跌期权，其中 β 是资本资产定价模型中证券组合的 β 值，购买期权的行使价格应反映所要求的价格保险水平。

大多数货币期权在场外市场进行交易。企业资金部主管可以采用这些期权来对冲外汇风险。例如，一个美国公司的资金部主管得知在将来某时刻将收入一笔英镑，他可以买入在将来同一时刻到期的英镑看跌期权来对冲外汇风险。类似地，假如该主管得知在将来某时刻将支付一笔英镑，他可以买入将来同一时刻到期的英镑看涨期权来对冲外汇风险。货币期权可以被用来构建范围远期合约，范围远期的价值为零，因为它在提供下跌保护的同时放弃了上涨盈利的机会。

无股息股票的欧式期权布莱克－斯科尔斯－莫顿公式可以被推广到标的股票支付连续股息收益率的情形。这种推广意义重大，因为一些其他形式期权的标的资产可以看成是等价于支付连续股息收益的股票。布莱克－斯科尔斯－莫顿公式的扩展可用于对股指及外币欧式期权进行定价。因为：

1. 股指可类比为支付连续股息的股票，其中收益率等于构成指数的股票平均股息收益率

2. 一个外币可类比为支付已知连续股息的股票，外国无风险利率扮演着连续股息收益率的角色。二叉树可用来对美式股指期权以及货币期权进行定价。

推荐阅读

Amin, K., and R. A. Jarrow. "Pricing Foreign Currency Options under Stochastic Interest Rates," *Journal of International Money and Finance*, 10 (1991): 310–29.

Biger, N., and J. C. Hull. "The Valuation of Currency Options," *Financial Management*, 12 (Spring 1983): 24–28.

Bodie, Z. "On the Risk of Stocks in the Long Run," *Financial Analysts Journal*, 51, 3 (1995): 18–22.

Garman, M. B., and S. W. Kohlhagen. "Foreign Currency Option Values," *Journal of International Money and Finance*, 2 (December 1983): 231–37.

Giddy, I. H., and G. Dufey. "Uses and Abuses of Currency Options," *Journal of Applied Corporate Finance*, 8, 3 (1995): 49–57.

Grabbe, J. O. "The Pricing of Call and Put Options on Foreign Exchange," *Journal of International Money and Finance*, 2 (December 1983): 239–53.

Jorion, P. "Predicting Volatility in the Foreign Exchange Market," *Journal of Finance* 50, 2(1995): 507–28.

Merton, R. C. "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (Spring 1973): 141–83.

测验题

15.1　一个证券组合的现值为 1 000 万美元，β 值为 1.0，S&P 100 的当前价格为 800。请解释如何利用行使价格为 700，标的资产为 S&P 100 的看跌期权来为证券组合提供

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

保险。

15.2 “一旦我们知道了支付连续股息股票期权的定价方法，也就知道了股指及货币期权的定价方法”。请解释这句话的含义。

15.3 一个股指的当前价格为300，收益率为年率3%，无风险利率为年率8%，对于这一股指，行使价格为290、6个月期限的欧式看跌期权的下限为多少？

15.4 一种外币的当前价格为0.80美元，在此后2个月，该外币价格或上涨2%或下跌2%，国内及国外无风险利率分别为6%及8%。行使价格为0.80的2个月期欧式看涨期权的价格为多少？

15.5 请说明企业如何用货币期权来对冲其外汇风险。

15.6 计算一个期限为3个月的股指平值欧式看涨期权的价格，股指的当前价格为250，无风险利率为年率10%，股指价格的波动率为18%，股指连续股息收益率为年率3%。

15.7 计算一个8个月期的欧式货币看跌期权价格，期权行使价格为0.50，当前汇率为0.52，汇率波动率为12%，国内无风险利率为年率4%，外国无风险利率为年率8%。

练习题

15.8 用式(15-9)证明以下两个期权的价格相同：卖出一个行使价格为K，以一单位货币A兑换货币B的看跌期权的价格；一个行使价格为$1/K$，以K单位货币B兑换货币A的看涨期权的价格。

15.9 一个外币的当前价格为1.5美元，国内及国外的无风险利率分别为5%及9%。计算以下两种情况对于一个行使价格为1.40的6个月期限的期权的下限：(a)欧式期权；(b)美式期权。

15.10 考虑某股指，其当前价格为250，股指的连续股息收益率为年率4%，无风险利率为年率6%，一个对于这一股指的3个月期、行使价格为245美元的欧式看涨期权价格为10美元。一个3个月期、行使价格为245美元的看跌期权价值为多少？

15.11 一个股指的当前价格为696，其波动率为30%，无风险利率为年率7%，股指的连续股息收益率为年率4%，计算3个月期、行使价格为700美元的欧式期权价格。

15.12 假定C为行使价格为K，期限为T，连续股息为q的股票的看涨期权价格，P为具有同样行使价格及期限的看跌期权的价格，证明

$$S_0e^{-qT}-K<C-P<S_0-Ke^{-rT}$$

其中，S_0为股票价格，r为无风险利率，$r>0$。提示：为了证明第一个不等式，考虑以下证券组合的价值：

组合A：一个欧式看涨期权加上数量为K的无风险投资。

组合B：一个美式看跌期权加上e^{-qT}股股票，其中股息被再投资于股票中。

为了证明第二个不等式，考虑以下证券组合的价值：

组合C：一个美式看涨期权加上数量为Ke^{-rT}的无风险投资。

组合D：一个欧式看跌期权加上一股股票，其中股息被再投资于股票中。

15.13 证明当远期价格等于行使价格时，一份欧式货币看涨期权价格等于相应的欧式货币看跌期权价格。

15.14 股指的波动率大于还是小于典型股票的波动率？请解释。

15.15 当证券组合的β上涨时，相应的证券组合保险的价格是会上涨还是下跌？请解释。

15.16 假定一证券组合的价值为6 000万美元，S&P 500的当前价格为1 200美元，如果证券组合收益反映股指收益，为了保证证券组合在一年后价格不低于5 400万美元，证券组合管理者应购买什么样的期权？

15.17 考虑练习题15.16的情形，假定证券组合的β为2.0，无风险利率为年率5%，证券组合及股指的连续收益率为3%。为了保证证券组合在一年后价格不低于5 400万美

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

元，管理者应购买什么样的期权？

作业题

15.18 指数现在为 1 500，6 个月的行使价格为 1 400 的欧式看涨期权和看跌期权的市场报价分别为 154.00 和 34.25，6 个月的无风险利率为 5%。请问隐含股息收益率是多少？

15.19 一个总回报指数(total return index)跟踪一定的股票组合，其中包括股息。请解释如何分别对远期合约和指数的欧式期权进行定价。

15.20 请解释什么是欧式货币期权的看跌-看涨平价关系。

15.21 一个日元-欧元的外汇期权是否可以由以下两个期权来构成：一个是美元-欧元的外汇期权，另一个是美元-日元的外汇期权。请阐明你的理由。

15.22 证明式(15-1)、式(15-2)和式(15-3)的结果。

15.23 道琼斯工业平均指数在 2007 年 1 月 12 日为 12 556，而对于 3 月份到期，行使价格为 126 的看涨期权，价格为 2.25 美元。采用 DerivaGem 软件来计算期权的隐含波动率，在计算中假定无风险利率为 5.3%，股指收益率为 3%，期权到期日为 2007 年 3 月 20 日。估计 3 月份到期，行使价格为 126 的看跌期权的价格。由这一期权价格得出的隐含波动率为多少？(注意，期权的标的资产为道琼斯指数除以 100)。

15.24 某股指当前价格为 300，波动率为 20%，无风险利率为 8%，股息收益率为 3%。用三步二叉树来计算以下情况下行使价格为 300，期限为 6 个月，以股指为标的的看跌期权价格：欧式期权和美式期权。

15.25 假定加元/美元的即期汇率为 0.95 美元，汇率波动率为 40%，加拿大及美国的无风险利率分别为 4% 及 5%。计算 9 个月期以 0.95 美元买入 1 加元的欧式看涨期权的价格。利用看跌-看涨期权平价关系式求出 9 个月期以 0.95 美元出售 1 加元的欧式看跌期权的价格，在 9 个月后以 1 加元买入 0.95 美元的看涨期权的价格为多少？

15.26 对冲基金赚取一定的固定费用加上盈利提成(如果有盈利的话)，讨论这种安排对基金经理的操作将有何影响？

15.27 美元/欧元 3 个月的外汇远期汇率为 1.3000，波动率为 15%。一家美国公司将在 3 个月后支付 100 万欧元，欧元和美元的无风险利率分别为 5% 和 4%，该公司决定用范围远期，其低端行使价格为 1.2500

a. 建立一个无成本合约，高端行使价格应为多少？

b. 公司对看涨看跌期权应采取什么样的头寸？

c. 答案取决于欧元的无风险利率吗？为什么？

d. 答案取决于美元的无风险利率吗？为什么？

15.28 在业界实例 15-1 中，一个保证在将来 10 年回报不为负的担保的价格是多少？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 16

第 16 章 期货期权

截至目前，在我们所考虑的期权中，期权持有者可以在将来某一固定时刻买入或卖出一定的标的资产。这些期权有时也被称为**对于即期资产的期权**(options on spot)或**即期期权**(spot options)，这是因为在行使期权时，以指定价格进行的买入或卖出资产的交易马上会发行。本章我们考虑**对于期货的期权**(options on futures)，这类期权也被称为**期货期权**(futures options)。在这些合约中，行使期权会使期权持有者持有期货的一个头寸。

商品期货交易委员会(The Commodity Futures Trading Commission，CFTC)在1982年批准了实验性的期货期权交易。在1987年，该委员会批准了永久性的期货期权交易。从那时起，这类期权很快得到投资者的青睐。

本章我们将讨论期货期权的运作方式以及这类期权与即期期权的差别，并探讨如何用二叉树及布莱克-斯科尔斯股票期权公式来对期货期权定价，也将讨论期货期权与即期期权的相对定价。

16.1 期货期权的特性

期货期权给持有者某种权利(而非义务)在将来一定时刻以一定的期货价格进入期货合约。特别是：期货看涨期权给持有者在将来某时刻以一定期货价格持有合约长头寸的权利；期货看跌期权给持有者一种权利在将来某时刻以一定期货价格持有期货合约的短头寸。大多数期货期权为美式期权，也就是说期权持有者在合约有效期内随时可以行使期权。

为了说明期货期权的运作方式，假定某投资者买入一个7月份到期的黄金期货期权，期权行使价格为每盎司900美元，每份期权合约的标的资产为100盎司黄金。与交易所交易期权一样，投资者在买入期权时首先付费。如果期权被行使，期权持有者进入一个期权合约的长头寸，并且同时产生一个现金结算使得投资者以行使价格进入期货合约。假定在期权到期时，7月份期货合

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

约的价格为 940 美元，并且最近结算的 7 月份期货价格为 938 美元。投资者收入现金为最近结算价格高出行使价格的差额，在我们例子中，此差额为(938 - 900) × 100 = 3 800 美元。这笔现金将会存入投资者的保证金账户。

如例 16-1 所示，如果投资者马上对 7 月份期货平仓，期货所带来的收益为(940 - 938) × 100 = 200 美元。因此行使期权收益为 4 000 美元，这一数量等于行使期权时 7 月份的期货价格与行使价格的差额。如果希望保留期货合约头寸，投资者也许需要交纳更多的保证金。

【例 16-1】 期货看涨期权的运作形式

一个投资者买入 7 月份黄金期货期权。合约的标的资产是 100 盎司，黄金行使价格为 900 美元。

行使决策

当 7 月份黄金期货价格为 940 美元，最近结算价格为 938 美元时，投资者行使期权。

结果

- 投资者收入现金余额为 (938 - 900) × 100 = 3 800 美元。
- 投资者进入期货的长头寸。
- 投资者马上对期货进行平仓，收益为 (940 - 938) × 100 = 200 美元。
- 整体收益为 4 000 美元。

卖出期货看涨期权的投资者(期货看涨期权承约人)会收入期权费，但在期权被行使时要承担风险。当期权被行使时，该投资者进入期货合约的短头寸。这位投资者保证金账户的资金也会减小 F - K 的数量，交易所清算中心会在期权到期时将资金转给投资的另一方。

期货看跌期权的运作与看涨期权类似。在例 16-2 中，我们考虑某投资者买入在 9 月份到期的玉米期货期权，期权的行使价格为每蒲式耳 300 美分。每一份期权合约的标的资产为 5 000 蒲式耳玉米。当期货看跌期权被行使时，投资者进入期货合约的短头寸再加上现金结算量。假定在 9 月份，期货价格为 280 美分，且最近一笔期货的结算价格为 270 美分，此时期权会被行使。投资者收到的现金额等于行使价格超出最近结算价格的余额，所以投资者收入的现金数量为(3.00 - 2.79) ×5 000 = 1 050 美元，这笔现金将会存入投资者的保证金账户。如果投资者马上对期货合约平仓，期货短头寸将损失(2.80 - 2.79) ×5 000 = 50 美元。由行使期权所得整体收益为 1 000 美元。就像在期货看涨期权时那样，如果投资者希望保留期货头寸，他需要交纳更多的保证金。

【例 16-2】 期货看跌期权的运作形式

一个投资者买入 9 月份到期的玉米期货期权，合约的标的资产为 5 000 蒲式耳玉米，行使价格为 300 美分。

行使决策

当 7 月份玉米期货价格为 280 美分，最近交割价格为 279 美分时，投资者行使期权。

结果

- 投资者收入现金为 (3.00 - 2.79) × 5 000 = 1 050 美元。
- 投资者进入期货的短头寸。
- 投资者马上对期货短头寸进行平仓，损失为 50 美元。
- 整体收益为 1 000 美元。

交易的另一方(即卖出期货看跌期权的投资者)在期权行使时进入期货的长头寸，并且从这一投资者保证金账户中将扣除行使价格超出最近结算价格的现金余额。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

到期月

期货期权是以标的期货到期月而非期权到期月来识别的。由上所述，大多数期货期权为美式期权。期货期权到期日通常是标的期货交付日期的前几天(例如，CBOT 的长期国债期货期权到期日在期货合约到期月的前一个月份，具体日期为距月底至少前5个交易日的倒数第一个星期五)。CME 中线欧洲美元(mid-curve Eurodollar)合约是一个例外，该合约到期时间比相应期权到期时间要晚一两年。

在美国比较流行的期货期权的标的资产包括玉米、大豆、棉花、糖、石油、天然气、黄金、长期国债、中期国债、5 年期国债、30 天期联邦基金(30-day federal funds)、欧洲美元、一年及两年期中线欧洲美元、欧元银行间拆出利率、欧元债券(Eurobonds)及 S&P 500 股指等。

16.2 期货期权被广泛应用的原因

为什么有人会选择交易期货期权而不是关于标的资产的期权呢？一个主要原因是在大多数情形下，期货合约要比标的资产的流动性更好。还有，在交易所很容易获得期货的价格，而标的资产价格并不是很容易取得。

考虑长期国债。长期国债的期货市场要比任何国债市场都活跃，而且在 CBOT 可以随时知道长期国债期货的价格。与此相比，只有通过联系一个或更多的交易商，投资者才能取得当前债券市场的价格。因此，当我们看到投资者更愿意交割长期国债期货而不是国债现货时，就不会感到奇怪了。

商品期货的交易往往也比商品直接交易更容易。例如，在市场上，对活牛期货进行交割比对活牛交割要容易得多。

期货期权的一个重要特点是期权的行使不一定会触发标的资产交割，在大多数情形下标的期货合约往往在到期日之前被平仓。期货期权通常以现金结算，这对大多数投资者来讲颇具吸引力，尤其是对于那些缺乏资金而不能在期权行使后买入标的资产的投资者。有时人们认为期货期权还有另一个优点，即期货与期货期权在同一个交易所中交易。这给对冲、套利、投机都带来了方便，这也使得市场效率更高。期货期权的另一个优点是，在许多情况下，期货期权比即期期权交易费用低。

16.3 欧式即期期权及欧式期货期权

行使价格为 K 的欧式即期期权收益为

$$\max(S_T - K,\ 0)$$

其中，S_T 为期权到期时资产的即期价格。具有同样行使价格的欧式期货期权收益为

$$\max(F_T - K,\ 0)$$

其中，F_T 为期权到期时期货的价格。如果期货与期权同时到期，那么，这时 $F_T = S_T$，两个期权等价。类似地，当期货与期权同时到期时，欧式即期看跌期权与欧式期货看跌期权等价。

大多数市场交易的期货期权为美式期权。但是我们会看到，研究欧式期货期权仍很有好处，因为我们得出的结果可以用来对欧式即期期权定价。

16.4 看跌 - 看涨期权平价关系式

在第 10 章里我们得出了欧式股票期权的看跌 - 看涨期权平价关系式。我们在此将采用类似

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

做法来推导对于欧式期货期权的看跌 - 看涨关系式。考虑具有相同行使价格 K 及期限 T 的两个欧式看涨和看跌期权。我们构造以下两个交易组合：

组合 A：一份欧式期货看涨期权加上数量为 Ke^{-rT} 的现金。

组合 B：一份欧式期货看跌期权加上一份期货合约长头寸，再加上数量为 F_0e^{-rT} 的现金，其中 F_0 为期货价格。

在组合 A 中，现金以无风险利率 r 进行投资，在时刻 T，该投资会增长到 K。令 F_T 为期权到期时的期货价格。如果 $F_T > K$，组合 A 中的期权会被行使，这时组合 A 的价值为 F_T；如果 $F_T \leqslant K$，组合 A 中的期权不会被行使，组合 A 的价值为 K。因此，在时刻 T，组合 A 的价值为

$$\max(F_T, K)$$

在组合 B 中，现金以无风险利率进行投资，在时刻 T，该投资会增长到 F_0。看跌期权收益为 $(k - F_T, 0)$，期货提供的收益为 $F_T - F_0$。[⊖] 因此组合 B 在时刻 T 的价格为

$$F_0 + (F_T - F_0) + \max(K - F_T, 0) = \max(F_T, K)$$

因为以上两个交易组合在时刻 T 的价值相等，并且欧式期权不能被提前行使，所以这里的两个交易组合在当前价值应该相等。组合 A 的当前价格为

$$c + Ke^{-rT}$$

其中，c 为期货看涨期权的价格。按**每日结算**(daily settlement)过程保证组合 B 中期货当前价格为 0，因此组合 B 的当前价格为

$$p + F_0e^{-rT}$$

其中，p 为期货看跌期权的价格，因此

$$c + Ke^{-rT} = p + F_0e^{-rT} \tag{16-1}$$

以上看跌 - 看涨期权平价关系式与式(10-3)给出的对于无股息股票的平价关系式的区别在于式(10-3)中的 S_0 被取代为 F_0e^{-rT}。对于美式期货期权，以上关系式变为(见练习题 16.19)：

$$F_0e^{-rT} - K < C - P < F_0 - Ke^{-rT} \tag{16-2}$$

如第 16.3 节所示，当期权合约与期货合约同时到期时，即期期权与期货期权等价，这时由式(16-1)所给出的关系式为即期看涨期权、即期看跌期权、即期价格及期货价格之间的关系式。例 16-3 说明了这一点。

【例 16-3】 期货期权的看跌 - 看涨期权平价关系式的应用

假定一个对于即期白银的欧式看涨期权价格为每盎司 0.56 美元，期权期限为 6 个月，行使价格为 8.5 美元。假定在 6 个月到期时白银期货价格为 8 美元，无风险利率为年率 10%。由式(16-1)变形形式得知，一个与欧式即期看涨期权有同样期限和行使价格的欧式看跌期权价格为

$$0.56 + 8.50e^{-0.1\times6/12} - 8.00e^{-0.1\times6/12} = 1.04$$

我们可以将式(16-1)应用于即期期权，因为这时我们所考虑的期货与期权具有同样期限。

16.5 期货期权的下限

看跌 - 看涨期权平价关系式(16-1)给出了欧式看涨期权和看跌期权的下限。因为看跌期权的价格 p 不能为负值，由式(16-1)得出

$$c + Ke^{-rT} \geqslant F_0e^{-rT}$$

⊖ 在分析中，我们假定期货价格等价于远期价格，即期货只在到期日结算，而非每天结算。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

即

$$c \geqslant (F_0 - K)e^{-rT} \tag{16-3}$$

类似地，因为看跌期权的价格不能为负值，由式(16-1)得出

$$Ke^{-rT} \leqslant F_0 e^{-rT} + p$$

即

$$p \geqslant (K - F_0)e^{-rT} \tag{16-4}$$

以上得出的下限与第10章中推导出的欧式股票期权的下限类似。当期权为深度实值状态时，欧式看涨及看跌期权会与它们的下限价格非常接近。为了说明原因，我们重新考虑由式(16-1)所表达的看跌－看涨期权平价关系式，当一个看涨期权为深度实值状态时，相应的看跌期权为深度虚值状态，这意味着 p 会接近于0，与 c 的差等于其下限。因此，看涨期权会接近于其下限。我们对看跌期权也可以进行类似的讨论。

由于美式期货期权可以在任何时刻行使，因此，我们有以下关系式

$$C \geqslant F_0 - K$$

$$P \geqslant K - F_0$$

因此，如果利率为正，美式期权的下限一定会高于欧式期权的下限，这是因为美式期货期权总是有被提前行使的可能性。

16.6 采用二叉树对期货期权定价

本节我们将在第12章的基础上讨论如何用二叉树对期货期权定价。期货期权与股票期权最大的区别在于当进入期货合约时无须付费。

假定当前的期货价格为30，在一个月后，期货价格或者上涨到33或者下跌到28。我们考虑对于这一期货行使价格为29的看涨期权。在分析过程中，我们忽略期货每日结算的性质。这一情形在图16-1中有所显示。当期货价格上涨到33时，期权的收益为4，同时期货合约的价值为3；当期货价格下跌到28时，期权的收益为0，同时期货合约的价值为－2。[⊖]

为了构造无风险对冲，我们考虑由一个期权短头寸及 Δ 份期货长头寸所组成的交易组合。当期货价格上涨到33时，交易组合价值为 $3\Delta - 4$；当期货价格下跌到28时，交易组合价值为 -2Δ。当交易组合的终端价格一样时，即以下公式满足时，

$$3\Delta - 4 = -2\Delta$$

交易组合为无风险，因此 $\Delta = 0.8$

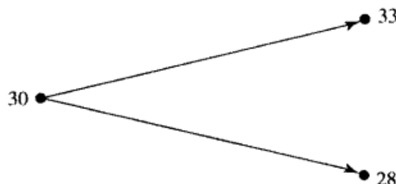


图16-1 数值实例中的期货价格变化

当取这个 Δ 值时，交易组合在一个月后的价值为 $3 \times 0.8 - 4 = -1.6$。假定无风险利率为6%，交易组合今天的价值为

$$-1.6e^{-0.06 \times 1/12} = -1.592$$

交易组合包含一个期货期权合约的短头寸及 Δ 份期货合约。因为今天的期货合约价值为0，因此今天的期权价格为1.592。

⊖ 这一数值为期货盈亏的近似，因为期货的收益不仅仅发生在时刻 T，其收益分布在由0到 T 的每一天。但是，当二叉树步长变得越来越小时，这一估计会越来越好。在极限状态下，即步长趋向于0时，我们不会有任何精度损失。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

16.6.1　推广

我们可以将以上过程进行推广。假定 F_0 为期货起始价格，在时间段 T 以后，期货价格或者上涨到 F_0u 或者下跌到 F_0d。我们考虑一个在时间 T 到期的期权，当期货价格上涨时，期权收益为 f_u；当期货价格下跌时，期权收益为 f_d。图 16-2 是对这一情形的总结。

这时，无风险交易组合包括一期权的短头寸和 Δ 份期货期权的长头寸。其中

$$\Delta = \frac{f_u - f_d}{F_0u - F_0d}$$

交易组合在时刻 T 的价值为

$$(F_0u - F_0)\Delta - f_u$$

将无风险利率记为 r，我们得出交易组合今天的价值为

$$[(F_0u - F_0)\Delta - f_u]e^{-rT}$$

图 16-2　一般情形的期货及期权价格

另外一种表达交易组合今天价值的表达式为 $-f$，其中 f 为期权今天的价格。因此

$$-f = [(F_0u - F_0)\Delta - f_u]e^{-rT}$$

将 Δ 代入以上表达式，可被简化为

$$f = e^{-rT}[pf_u + (1-p)f_d] \tag{16-5}$$

其中

$$p = \frac{1-d}{u-d} \tag{16-6}$$

这与第 12.9 节里的结果一致。

考虑以上的数值实例（见图 16-1），$u = 1.1$，$d = 0.9333$，$r = 0.06$，$T = 1/12$，$f_u = 4$，$f_d = 0$。由式(14-6)，我们可以得出

$$p = \frac{1-0.9333}{1.1-0.9333} = 0.4$$

并由式(16-5)得出

$$f = e^{-0.06\times 1/12}[0.4\times 4 + 0.6\times 0] = 1.592$$

这与我们以前所得的结果一致。

16.6.2　多步树

应用多步二叉树对于美式期货期权定价与对股票期权定价没用什么不同之处，其过程在第 12.9 节曾解释过。对应于期货价格上涨参数 u 等于 $e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$，其中 σ 为期货价格的波动率，Δt 为步长，式(16-6)中，期货价格上升的概率为

$$p = \frac{1-d}{u-d}$$

例 12-3 说明了如何利用多步二叉树来对期货期权定价，第 18 章的例 18-1 将给出了进一步的说明。

16.7　期货价格作为支付连续股息的资产

一个一般的结果可以保证关于期货期权的分析与支付股息的股票期权相似。在这一结果中，期货价格等价于连续股息收益率为国内无风险利率 r 的股票。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

将式(16-5)和式(16-6)与式(15-7)和式(15-8)进行比较，从中我们可以得出一些线索，这两套公式当 $q=r$ 时完全相同。另外一些线索是当 $q=r$ 时，股票期权的下限等价于期货期权的下限，并且看跌－看涨期权平价关系式等价于相应的期货期权的看跌－看涨期权平价关系式。

注意期货合约的初始投资为0，这一现象可以帮助我们理解这些结果。在风险中性世界，初始成本为0的投资的预期收益也必须为0。因此，在风险中性世界，期货合约的预期收益也因此必须等于0。就像在第15章里指出的那样，支付连续股息的股票在风险中性世界其价格会按 $r-q$ 的速度增长，如果我们令 $q=r$，股票的预期增长速度为0，这刚好同期货价格类似。

16.8 对期货期权定价的布莱克模型

令 $q=r$，我们可以采用式(15-4)与式(15-5)来对欧式期货期权定价。布莱克在1976年的文章中首先证明了这一点。公式中采用的假设就是标的期货价格服从对数正态分布，这与我们在第13章里关于股票价格的假设一样。将式(15-4)及式(15-5)中的 S_0 由 F_0 取代，同时令 $q=r$，我们得出

$$c=e^{-rT}[F_0N(d_1)-KN(d_2)] \tag{16-7}$$
$$p=e^{-rT}[KN(-d_2)-F_0N(-d_1)] \tag{16-8}$$

其中

$$d_1=\frac{\ln(F_0/K)+\sigma^2T/2}{\sigma\sqrt{T}}$$
$$d_2=\frac{\ln(F_0/K)-\sigma^2T/2}{\sigma\sqrt{T}}=d_1-\sigma\sqrt{T}$$

式中，σ 为期货价格的波动率，T 为期权的期限(而不是期货的期限)。例16-4是以上公式的应用。

【例16-4】 欧式期货期权定价

考虑一个原油期货的欧式看跌期权，期权的期限为4个月，期货当前价格为60美元，行使价格为60美元，无风险利率为年率9%，期货波动率为25%。这时 $F_0=60$，$K=60$，$r=0.09$，$T=4/12$，$\sigma=0.25$ 及 $\ln(F_0/K)=0$，因此

$$d_1=\frac{\sigma\sqrt{T}}{2}=0.072\ 16$$

$$d_2=-\frac{\sigma\sqrt{T}}{2}=-0.072\ 16$$

$N(-d_1)=0.4712$，$N(-d_2)=0.528\ 8$

期权价格为

$$p=e^{-0.09\times4/12}(60\times0.528\ 8-60\times0.471\ 2)$$
$$=3.35 \text{ 美元}$$

16.9 用布莱克模型代替布莱克－斯科尔斯－莫顿模型

第16.3节的结果显示了当期权期限与期货期限相同时，期货期权与即期期权等价。因此式(16-7)及式(16-8)也提供了对于即期资产期权的定价公式。这一点在例16-5中有所说明。

【例16-5】 利用期货价格来对即期期权定价

考虑一个6个月期限、标的资产为即期黄金价格的欧式看涨期权，期权持有者有权在6

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

个月时买入1盎司黄金，期权的行使价格为900美元，6个到期的期货价格为930美元，无风险利率为年率5%，期货波动率为20%，这一期权等价于6个月期限的期货期权。期权价格可由式(16-7)来计算，期权价格为

$$e^{-0.05\times0.5}[930N(d_1)-900N(d_2)]$$

其中

$$d_1=\frac{\ln(930/900)+0.2^2\times0.5/2}{0.2\times\sqrt{0.5}}=0.3026$$

$$d_2=\frac{\ln(930/900)-0.2^2\times0.5/2}{0.2\times\sqrt{0.5}}=0.1611$$

计算出的期权价格为44.19美元。

交易员更喜欢采用布莱克模型而不是布莱克－斯科尔斯模型来对具有不同类型标的资产的期权进行定价，这时式(16-7)和式(16-8)中的变量下 F_0 被设定为与期权期限等同的标的资产期货或远期合约的价格。交易员跟踪其交易期权的标的资产的远期或期货曲线，如果需要，还会进行插值。假设交易员知道标的资产的1年期和2年期的远期价格分别为860和880，对于一个1.25年期的期权，交易员会假设其远期价格为865，即 $F_0=865$。

式(15-11)和式(15-12)是将布莱克模型应用到货币即期期权的实例。在这里，布莱克模型避免了估计外国无风险利率的需求，因为这个信息已经包含在 F_0 中了。

如式(15-6)和式(15-7)所示，布莱克模型还可以定价欧式即期股指期权。布莱克模型一个较为直接而且常见的应用是将即期股指期权转换为股指远期或股指期货的期货。这样在定价过程中就不需要估计股指所支付的连续股息收益率。

16.10 美式期货期权与美式即期期权

在实践中，市场交易的期货期权通常为美式期权。假定无风险利率 r 为正，美式期货期权总是有被提前行使的可能性，因此，美式期货期权价格总是会高于相应的欧式期货期权的价格。

当期权与期货具有相同的期限时，美式期货期权的价格并不一定等于美式即期期权的价格。[⊖]例如，假定我们有一个正常市场(normal market)，即期货价格在到期前一直高于即期资产价格。大多数股指价格、黄金、银价、低利率的外币及某些商品均满足这一性态。这时，美式期货看涨期权价格一定会高于相应的美式即期看涨期权。这是因为在一些情形，期货期权可能会被提前行使，这会给期权持有者带来更大的收益。类似地，一个美式期货看跌期权的价格一定会小于相应的美式即期看跌期权的价格。当为反向市场(inverted market)，即期货价格总是小于即期价格时，例如在高利率货币及某些商品情形下，与以上结论相反的情况就会发生。这时，美式期货看涨期权的价格会小于美式即期看涨期权的价格，而美式期货看跌期权的价格会大于美式即期看跌期权的价格。

前面描述了关于美式期货期权与美式即期期权的差别，这在期货与期权具有不同或相同期限时均成立。事实上，期货期限比期权期限越长，两种期权的差异也就越大。

16.11 期货式期权

某些交易所交易所谓的**期货式期权**(futures-style options)，这些合约是关于期权收益的期货合约。一般来讲，交易员在买入即期期权或期货期权时，首先要支付现金。与一般期权交易有所不同的是，买入期货式期权的交易员要支付保证金，这一点与一般的期货交易没有什么两样(见第2章)，期货式期权要与其他期货一样，每天进行结算，最终的结算为期权的收益。期货合约是对

⊖ 与期货期权相对应的即期期权具有相同的行使价格和到期日。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

资产的将来价格的赌注，而期货式期权是对期权将来收益的赌注。当利率为常数时，期货式期权中的期货价格等价于关于期权收益的远期合约中的远期价格，这一结论说明，期货式期权中的期货价格等于一个在到期时才付费的期权的价格。因此，期货式期权价格等于一个普通期权价格以无风险利率复利到期权满期。

根据式(16-7)和式(16-8)，看涨期货式期权中的期货价格为

$$F_0N(d_1)-KN(d_2)$$

看跌期货式期权中的期货价格为

$$KN(-d_2)-F_0N(-d_1)$$

其中，d_1 和 d_2 由式(16-7)和式(16-8)给出。

一个美式期货式期权可以被提前行使，这时期权的内涵价格要马上结算。事实上，提前行使美式期货式期权一定不为最优，因为期权的期货价格永远大于内涵价格。这种美式期货式期权可被视为欧式期货式期权。

小 结

期货期权在行使时需要交割标的期货。当一看涨期权被行使时，期权持有者取得期货长头寸加上期货价格超出行使价格的现金额。类似地，当看跌期权被行使时，期权持有者取得期货短头寸加上行使价格超出期货价格的现金额。期货的到期日通常要比期权的到期日略晚。

期货价格与支付连续股息的股票价格相似，期货的连续股息收益率等于无风险利率。这意味着，当我们将股票价格由期货价格来取代，并同时令连续股息收益率等于无风险利率时，第 13 章得出的对于股票期权定价公式也适用于期货期权。欧式期权的定价公式最初由布莱克在 1976 年提出，公式中的主要假设是在期权到期时期货价格服从对数正态分布。

如果期权及期货具有同样的期限，欧式期货期权的价格等于相应的欧式即期期权的价格。这一结论对美式期权并不成立。如果期货市场为正常市场，美式期货看涨期权的价格会高于相应的美式即期看涨期权，美式看跌期权的价格会低于相应的美式即期看跌期权，当期货市场为反向市场时，以上结论相反。

推荐阅读

Black, F. "The Pricing of Commodity Contracts," *Journal of Financial Economics*, 3 (1976): 167–79.

Hilliard, J. E., and J. Reis. "Valuation of Commodity Futures and Options under Stochastic Convenience Yields, Interest Rates, and Jump Diffusions in the Spot," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 33, 1 (March 1998): 61–86.

Miltersen, K. R., and E. S. Schwartz. "Pricing of Options on Commodity Futures with Stochastic Term Structures of Convenience Yields and Interest Rates," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 33, 1 (March 1998): 33–59.

测验题

16.1 请解释一个关于日元的看涨期权与日元期货看涨期权的不同。

16.2 为什么国债期货期权比国债期权交易更为活跃？

16.3 “期货价格类似于支付连续股息的股票”，这里的股息收益率为多少？

16.4 一个期货的当前价格为 50，在一个月后，价格或者变为 56 或者变为 46，无风险

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

利率为年率6%，6个月期限、行使价格为50的欧式看涨期货期权价格为多少？

16.5 一个对于期货期权的看跌－看涨期权平价关系式与一个无股息的股票期权的看跌－看涨期权平价关系式的不同之处在哪里？

16.6 考虑一美式期货看涨期权，其中期货与期权到期日相同，在什么情况下期货期权价格高于相应的关于标的资产的美式期权？

16.7 计算以下5个月期的欧式看跌期货期权价格：期货价格为19美元，期权行使价格为20美元，无风险利率为年率12%，期货价格波动率为年率20%。

练习题

16.8 假定你买入了关于10月份黄金期货的看跌期权，行使价格为每盎司900美元，每一个期权合约的标的资产为100盎司黄金。当10月份期货价格为880美元时，你行使期权会产生什么样的收益？

16.9 假定你卖出了一个关于4月份的活牛期货看涨期权，期权行使价格为每磅90美分，每一个期权合约的标的资产为40 000磅活牛。在期货价格为95美分时，你行使期权会产生什么样的收益？

16.10 考虑一个2个月期限的期货看涨期权，行使价格为40，无风险利率为年率10%，当前期货价格为47，在期权为以下两种情况下，期货期权的下限为多少？(*a*)欧式期权；(*b*)美式期权。

16.11 考虑一个4个月期限的期货看跌期权，行使价格为50，无风险利率为年率10%，期货的当前价格为47，在期权为以下两种情况下，期权价格的下限为多少？(*a*)欧式期权；(*b*)美式期权。

16.12 某一期货的当前价格为60，波动率为30%，无风险利率为年率8%，行使价格为60，用两步二叉树来定价6个月期的欧式期货看涨期权。如果看涨期权为美式期权，期权是否应被提前行使？

16.13 在练习题16.12中，用两步二叉树来定价行使价格为60的6个月期限欧式看跌期权的价格为多少？如果看跌期权为美式期权，期权是否应该被提前行使？验证在练习题16.12中计算出的欧式看涨期权价格及本例中计算出的欧式看跌期权价格满足看跌－看涨期权平价关系式。

16.14 某期货当前价格为25，波动率为30%，无风险利率为年率10%，一个行使价格为26，9个月期限的欧式期货看涨期权价格为多少？

16.15 某期货当前价格为70，波动率为20%，无风险利率为年率6%，一个行使价格为65，5个月期限的欧式期货看跌期权价格为多少？

16.16 假定1年期限的期货当前价格为35美元。一个1年期的欧式看涨期权及一个1年期的欧式看跌期权价格均为2美元，这里看涨及看跌期权价格为34，无风险利率为年率10%，请识别套利机会。

16.17 一个平值欧式期货看涨期权价格总是等于一个类似的平值欧式期货看跌期权价格。请解释这句话为什么正确。

16.18 假定一期货当前价格为30，无风险利率为年率5%，一个3个月期限，行使价格为28的美式期货看涨期权价格为4。计算3个月期行使价格为28的期货看跌期权价格下限。

16.19 假定C为美式期货看涨期权价格，其中行使价格K，期限为T。P为一个对于同一期货具有相同行使价格及期限的美式期货看跌期权价格，证明

$$F_0 e^{-rT} - K < C - P < F_0 - Ke^{-rT}$$

其中F_0为期货价格，r为无风险利率。假定$r>0$，并且假定远期及期货价格相等(提示：采用练习题15-12中的方法)。

16.20 计算即期白银上3个月期限的欧式看涨期权价格，这里3个月期限的期货价格为12美元，行使价格为13美元，无风险利率为4%，白银价格波动率为25%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

作业题

14.21 某期货价格为40，在3个月末，价格会变为35或45。一个行使价格为42的3个月期的欧式看涨期权的价格为多少？这里的无风险利率为年率7%。

14.22 由关于大豆期货的欧式看跌期权价格表16-1来计算大豆期货的隐含波动率。

表 16-1

期货的当前价格	525
行使价格	525
无风险利率	年率6%
期限	5个月
看跌期权价格	20

16.23 假定今天为2月4日。行使价格为260、270、280、290及300的7月份玉米期货看涨期权的价格分别为26.75、21.26、17.25、14.00及11.375。具有相同行使价格的7月份看跌期权价格分别为8.50、13.50、19.00、25.625及32.625。期权到期日为6月19日，7月份玉米期货价格为278.25，无风险利率为1.1%。采用DerivaGem来计算期权的隐含波动率。请评论所得出的结果。

16.24 计算关于S&P 500即期价格上的6个月期欧式看跌期权价格。股指上6个月期限的远期价格为1 400，行使价格为1 450，无风险利率为5%，股指波动率为15%。

16.25 假设大宗商品的期货价格为500美分，期货期权的行使价格为550美分，无风险利率为3%，期货价格的波动率为20%，期权的期限为9个月。

(a)欧式看涨期权的价格是多少？

(b)欧式看跌期权的价格是多少？

(c)验证看跌－看涨平价关系。

(d)关于期货式看涨期权的期货价格是多少？

(e)关于期货式看跌期权的期货价格是多少？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

17 CHAPTER

第 17 章

希 腊 值

金融机构在场外市场向客户卖出期权后会面临风险管理的问题。如果出售的期权刚好与交易所内交易的期权相同，那么这家金融结构可以在交易所买入同样的期权来对冲其风险暴露。但是，如果场外市场的期权是为了满足客户的特殊需要而设定，那么这一期权与交易所内交易的标准化期权会有所不同，这时对冲这一期权的风险就会比较困难。

本章将讨论解决这个问题的几种方式。我们将讨论希腊值(Greek letters，或 Greeks)。每一个希腊值都被用来度量交易中的某个特定风险，而交易员管理交易的目的就是管理交易组合的希腊值，以便将其值保持在一个可接受范围之内。本章中的分析既适用于交易所内的做市商，也适用于金融机构的场外市场交易员。

本章末我们将讨论如何以合成形式来构造期权，这与期权的对冲密切相关。以合成形式来构造期权与构造相反的对冲期权是一回事。例如，以合成形式构造的看涨期权等价于对冲看涨期权的短头寸。

17.1 例解

在以下几节，我们将采用一家金融机构的头寸来作为实例，该金融机构卖出了 100 000 份无股息股票的欧式看涨期权，收入为 300 000 美元。我们假设股票价格为 49 美元，期权行使价格为 50 美元，无风险利率为 5%，股票价格的波动率为年率 20%，期权期限为 20 周(0.3846 年)，股票的预期收益为年率 13%。[⊖]采用惯用的符号，这意味着：

$$S_0=49,\ K=50,\ r=0.05,\ \sigma=0.20,\ T=0.3846,\ \mu=0.13$$

⊖ 如第 12 章和第 13 章所示，股票的预期收益与期权价格无关。这里给出股票的预期收益是因为此变量同对冲的效率有关。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

由布莱克－斯科尔斯－莫顿公式得出，此期权的价格大约为 24 万美元。这家金融机构卖出期权的价格比理论价格高出 6 万美元，但它同时也面临对冲风险的问题。[㊀]

17.2 裸露头寸和掩护头寸

金融机构可采用的一种策略是对期权头寸不采取任何对冲措施，这种做法被称为持有**裸露头寸**(naked position)。在 20 周后，如果股票价格低于 50 美元，这种策略的收益会很好。期权最终没有给金融机构带来任何费用，整个交易给金融机构带来净利润 30 万美元。如果在 20 周后行使期权，这种策略收益并不好。在期权到期时，金融机构必须在市场以市价买入 10 万股股票以兑现期权承诺。例如，如果在 20 周后，股票价格为 60 美元，期权会给金融机构带来 100 万美元的费用，这一费用远远大于期权所带来的 30 万美元收入。

金融机构可以采取的另一种策略被称为**掩护头寸**(covered position)。在这种策略中，金融机构在卖出期权时同时也买入 10 万股股票。如果期权被行使，这一交易策略会很好，而在其他情形下会有很大损失。例如，股票价格降到 40 美元，金融机构持有的股票将损失 90 万美元，但这一数量远远大于期权所带来的 30 万美元收入。[㊁]

裸露头寸及掩护头寸都不是很好的对冲交易策略。如果布莱克－斯科尔斯－莫顿模型的假设前提成立，在两种策略中，金融机构持有期权的费用平均应当为 24 万美元。[㊂]但是，在以上各种情况下，成本范围介于 0～100 万美元之上，一个理想的对冲交易费用接近于 24 万美元。

17.3 止损交易策略

止损交易策略(stop-loss strategy)是一个很有意思的对冲方法。为了解释这一方法，假定某金融结构卖出了一个期权，期权持有者有权以 K 的价格买进一只股票。止损交易策略的思路是这样的：在股票价格刚刚高于 K 时马上买入股票，而在股票价格刚刚低于 K 时马上卖出股票。这一对冲的核心思想就是当股票价格刚刚低于 K 时，采用裸露头寸策略，而当股票价格刚刚高于 K 时，采用掩护头寸策略。这一对冲的设计过程保证了在时间 T，如果期权处于实值状态，金融机构会持有股票；如果期权处于虚值状态，金融机构不持有股票。该交易策略所形成的收益类似于期权的收益。如图 17-1 所示，这一策略在时刻 t_1 买入股票、在时刻 t_2 卖出股票、在时刻 t_3 买入股票、在时刻 t_4 卖出股票、在时刻 t_5 买入股票并在时刻 T 交割。

采用惯用的符号，我们假定股票的初始价格为 S_0，这一交易的初始费用在当 $S_0 > K$ 时为 S_0，否则为 0。这样一来，卖出期权并进行对冲后的全部费用 Q 为期权的内涵价格：

$$Q = \max(S_0 - K, 0) \tag{17-1}$$

这是因为在时间 0 之后的买入以及卖出交易的价格均为 K。如果以上公式正确，在没有交易费用的情况下，该交易对冲策略会非常完美。而且，这种交易的对冲费用永远小于由布莱克－斯科尔斯－莫顿公式所给出的期权价格。因此投资者通过卖出期权并以这一方式对冲，可以获得无风险盈利。

㊀ 这里采用无股息股票的欧式看涨期权来作为实例是为了便于说明问题，这里所得结论也适用于其他类型的期权及衍生产品。

㊁ 看跌－看涨期权平价关系式显示，出售持保看涨期权的风险等价于出售无保护的看跌期权的风险。

㊂ 更准确地讲，在采用合适的经风险调节的贴现率，两种策略的成本期望的贴现值均为 24 万美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

式(17-1)并不正确，原因有两个：一是对冲者的现金流发生在不同的时刻，对这些现金流必须贴现。二是股票的买入及卖出不可能总是正好发生在价格等于 K 的时刻。这里的第二个原因很关键。假如处在利率为 0 的风险中性世界，我们可以忽略货币的时间价值。但我们并不能假定股票的买入及卖出刚好发生在价格等于 K 的时刻。如果市场是有效的，在股票市场价格为 K 时，对冲者并不知道股票价格会变得高于 K 还是低于 K。

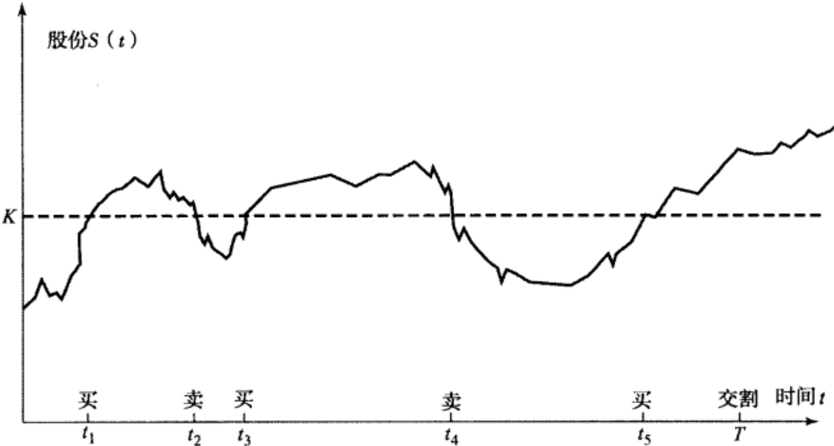


图 17-1 止损交易策略

实际上，在以上描述的过程中，股票的买入价必须为 $K+\varepsilon$，股票的卖出价必须为 $K-\varepsilon$，这里的 ε 为一个小的正数。因此每一笔买入及卖出股票的费用为 2ε(在这里我们忽略交易手续费)。对冲者一个自然的做法是增大价格观测的频率来使 ε 变得更小。但当 ε 变得更小时，交易也会更加频繁，因此交易费用的降低会被交易频率的增加所抵消。当 $\varepsilon>0$ 时，预期交易数量会趋向于无穷大。

尽管止损交易策略看起来很诱人，但这一策略并不是有效的对冲手段。例如，考虑一虚值期权。如果股票价格从来达不到价格 K，那么止损交易策略的费用为0。如果股票价格与行使价格水平线交叉很多次，止损交易策略的费用会很高。**蒙特卡罗模拟法**(Monte Carlo simulation)可用于检验止损交易策略的整体效果，该方法先产生股票的随机路径，然后再计算止损交易策略的结果。表 17-1 显示了第 17.1 节中所考虑的期权结果。假定在时间间隔为 Δt 的末尾观察股票价格，[⊖]对冲的表现(对冲表现测度)以期权对冲费用的标准差与期权的布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿价格的比率来衡量。每一个结果都是基于1 000 个股票价格路径抽样计算，标准误差为2%。我们可以看出无论 Δt 如何小，止损交易策略的对冲表现测度都不可能小于 0. 70。

表 17-1 止损交易策略的表现

Δt(周)	5	4	2	1	0.5	0.25
对冲表现	1.02	0.93	0.82	0.77	0.76	0.76

注：对冲的表现以期权对冲费用的标准差与期权价格的比率来衡量。

17.4 Delta 对冲

大多数交易员采用的对冲策略要比我们前面所讨论的方法更为复杂。这些对冲策略中包括计

⊖ 精确的对冲规则可被描述如下：如果在时间段 Δt，股票价格从低于 K 上升到高于 K，那么在该时间段的末尾购入股票；如果在时间段 Δt，股票价格从高于 K 下跌到低于 K，那么在该时间段的末尾卖出股票；否则，不进行任何交易。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

算 Delta、Gamma、Vega 等测度。在本节，我们将讨论 Delta 的作用。

在第 12 章里我们引入了期权的 Delta，该变量 Δ 定义为期权价格变动与其标的资产价格变动的比率，它是期权价格与标的资产价格变化曲线的切线斜率。假定某看涨期权 Delta 为 0.6，这意味着当股票价格变化一个很小的数量时，相应期权价值变化大约等于股票价值变化的 60%。图 17-2 展示了期权变化随标的资产变化的关系。当股票价格对应点 A 时，期权价格对应于点 B，而 Δ 为图中所示直线的斜率。一般来讲，一个看涨期权的 Delta 定义为 $\Delta C/\Delta S$，其中 ΔS 为股票价格微小变化的数量，ΔC 为由于股票价格变动所触发的期权价格变动数量。

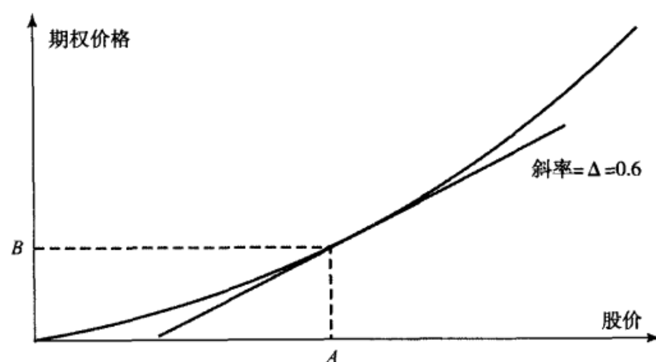


图 17-2　Delta 的计算

假设在图 17-2 中，股票价格为 100 美元，期权价格为 10 美元。某金融机构的交易员卖出了 20 份该股票的看涨期权(期权持有者有权购买 2 000 股股票)。交易员的头寸可以通过购买 0.6 × 2 000 = 1 200 股股票来对冲。期权头寸所对应的盈利(亏损)会被股票头寸上的亏损(盈利)来抵消。例如，如果股票价格上涨 1 美元(买入的股票会升值 1 200 美元)，期权价格将上涨 0.6 × 1 = 0.6 美元(卖出期权头寸会带来损失 1 200 美元)；如果股票价格下跌 1 美元(买入股票会损失 1 200美元)，期权价格下跌 0.6 美元(卖出期权会带来收益 1 200 美元)。

在这个例子中，交易员期权头寸的 Delta 为 0.6 × (−2000) = −1200。换句话说，当股票价格上涨 ΔS 时，交易员期权的短头寸就会损失为 1 200ΔS。股票本身的 Delta 为 1.0，因此持有 1 200 股股票的 Delta 值为 1 200。所以，投资者整体的 Delta 为 0。股票头寸的 Delta 被期权头寸的 Delta 抵消。Delta 为 0 的头寸被称为 **Delta 中性**(delta neutral)。

有一点非常重要，由于 Delta 会变动，投资者的 Delta 对冲状态(或 Delta 中性状态)只能维持在一段短暂的时间里，对冲策略要不断地调整，这种调整过程被称为**再均衡**(rebalancing)。在我们的例子中，在 3 天末时的股票价格也许会升到 110 美元。如图 17-2 所示，股票价格上涨会使得 Delta 变大，假设 Delta 从 0.6 增加到 0.65，如果仍要保持 Delta 中性，投资者需要再买入 0.05 × 2 000 = 100 股股票。这一过程在例 17-1 中有所说明。

【例 17-1】　采用 Delta 对冲

某金融机构交易员卖出了 20 份关于某股票的看涨期权合约(即 2 000 份期权)。期权价格为 10 美元，股票价格为 100 美元，期权的 Delta 为 0.6，期权头寸的 Delta 为 0.6 × (−2 000) = −1 200。

第 1 次对冲

交易员买入 1 200 股股票来生成 Delta 中性头寸。

价格变动

在下一个交易日，股票价格上涨到 110 美元，Delta 变为 0.65，期权头寸的 Delta 变为 0.65 × (−2 000) = −1 300。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

对冲再均衡

交易员再买入 100 股股票来保证 Delta 中　　　　性头寸。

这里所描述的 Delta 对冲策略为动态对冲策略的一个案例。这种对冲策略与静态对冲策略形成了对比，静态对冲在最初设定后无须再进行调整。静态对冲有时也被称为对冲即遗忘策略。Delta 对冲与布莱克－斯科尔斯－莫顿分析密切相关。如第 13 章所述，布莱克－斯科尔斯－莫顿公式证明了我们可以用股票期权与股票建立无风险交易组合。采用符号 Δ，布莱克－斯科尔斯－莫顿分析里的交易组合为

$$\begin{cases} -1: & 期权 \\ +\Delta: & 股票 \end{cases}$$

采用新的术语，我们进行以下描述：布莱克－斯科尔斯－莫顿分析是通过建立一个 Delta 中性的头寸，并论证该交易组合的收益率等于无风险利率来为期权定价。

17.4.1 欧式期权的 Delta

对于无股息股票期权的 Delta，我们可以证明

$$\Delta(看涨期权) = N(d_1)$$

式中，d_1 由式(13-5)定义，$N(x)$是标准正态分布的累积分布函数。例 17-2 是对该式的说明。上式为欧式看涨期权长头寸的 Delta。欧式看涨期权短头寸的 Delta 为 $-N(d_1)$。对一个期权长头寸做对冲时，需要持有 $N(d_1)$股股票的短头寸。类似地，对一个期权短头寸做对冲时，需要持有 $N(d_1)$股股票的长头寸。

【例 17-2】 股票期权的 Delta

考虑一个关于无股息股票看涨期权，其中股票价格为 49 美元，行使价格为 50 美元，无风险利率为 5%，期限为 20 周（= 0.3846 年），股票价格波动率为 20%。这时，我们有

$$d_1 = \frac{\ln(49/50) + (0.05 + 0.2^2) \times 0.384\,6}{0.2 \times \sqrt{0.383\,6}}$$

$$= 0.054\,2$$

Delta 为 $N(d_1)$，即 0.522。当股票价格变化为 ΔS 时，期权价格变化为 $0.522\Delta S$。

不付股息的股票看跌期权的 Delta 为

$$\Delta = N(d_1) - 1$$

这时的 Delta 为负，这意味着看跌期权的长头寸应该由标的股票的长头寸来对冲；同时看跌期权的短头寸应该由标的股票的短头寸来对冲。图 17-3 显示了看涨及看跌期权的 Delta 与股票价格之间的变化关系。图 17-4 显示了实值、平值和虚值期权的 Delta 与期权期限之间的变化关系。

17.4.2 对冲的动态特性

表 17-2 及表 17-3 显示了在两种不同情形下的再均衡模拟过程。假设对冲交易是每个星期进行一次。像我们前面指出的那样，最初的单位期权为 0.522，因而整个交易组合的 Delta 为 −52 200。这意味着在出售看涨期权的同时，交易员必须借入 2 557 800 美元并按 49 美元价格购买 52 200 股股票。借入资金的利率为 5%，第 1 周的利息费用大约为 2 500 美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

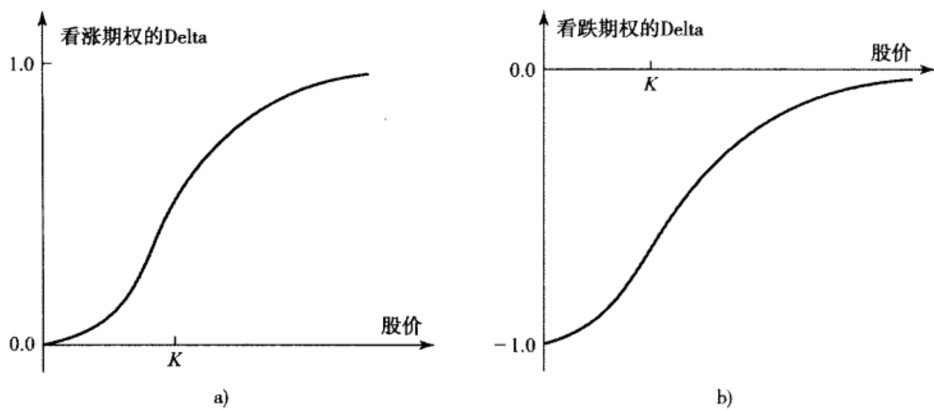


图 17-3 无股息股票看涨期权及看跌期权的 Delta 与股票价格之间的变化关系

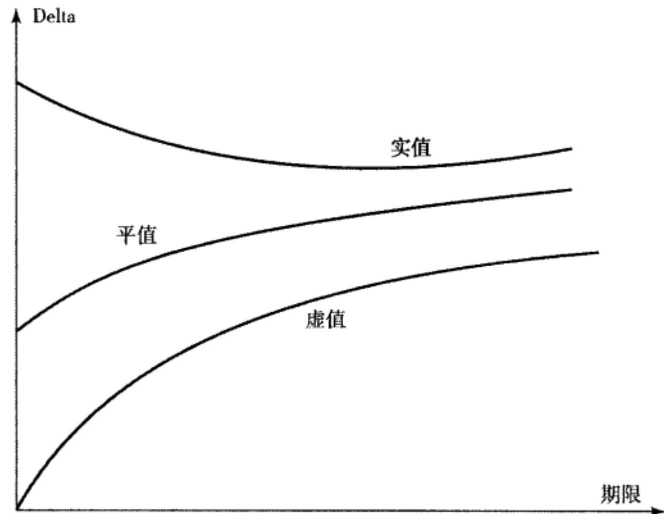


图 17-4 看涨期权的 Delta 与期权期限之间的变化关系

表 17-2 Delta 对冲模拟(期权为实值期权；对冲成本为 263 300 美元)

周数	股票价格	Delta	购买股票数量	购买股票费用(以千计)	累计现金流(以千计)	利息费用(以千计)
0	49.00	0.522	52 200	2 577.8	2 557.8	2.5
1	48.12	0.458	(6 400)	(308.0)	2 252.3	2.2
2	47.37	0.400	(5 800)	(274.7)	1 979.8	1.9
3	50.25	0.596	19 600	984.9	2 966.6	2.9
4	51.75	0.693	9 700	502.0	3 471.5	3.3
5	53.12	0.774	8 100	430.3	3 905.1	3.8
6	53.00	0.771	(300)	(15.9)	3 893.0	3.7
7	51.87	0.706	(6 500)	(337.2)	3 559.5	3.4
8	51.38	0.674	(3 200)	(164.4)	3 398.5	3.3
9	53.00	0.787	11 300	598.9	4 000.7	3.8
10	49.88	0.550	(23 700)	(1 182.2)	2 822.3	2.7
11	48.50	0.413	(13 700)	(664.4)	2 160.6	2.1
12	49.88	0.542	12 900	643.5	2 806.2	2.7
13	50.37	0.591	4 900	246.8	3 055.7	2.9
14	52.13	0.768	17 700	922.7	3 981.3	3.8

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

（续）

周数	股票价格	Delta	购买股票数量	购买股票费用（以千计）	累计现金流（以千计）	利息费用（以千计）
15	51.88	0.759	(900)	(46.7)	3 938.4	3.8
16	52.87	0.865	10 600	560.4	4 502.6	4.3
17	54.87	0.978	11 300	620.0	5 126.9	4.9
18	54.62	0.990	1 200	65.5	5 197.3	5.0
19	55.87	1.000	1 000	55.9	5 258.2	5.1
20	57.25	1.000	0	0.0	5 263.3	

表 17-3 Delta 对冲模拟（期权为实值期权；对冲成本为 256 600 美元）

周数	股票价格	Delta	购买股票数量	购买股票费用（以千计）	累计现金流（以千计）	利息费用（以千计）
0	49.00	0.522	52 200	2 557.8	2 557.8	2.5
1	49.75	0.568	4 600	228.9	2 789.2	2.7
2	52.00	0.705	13 700	712.4	3 504.3	3.4
3	50.00	0.579	(12 600)	(630.0)	2 877.7	2.8
4	48.38	0.459	(12 000)	(580.6)	2 299.9	2.2
5	48.25	0.443	(1 600)	(77.2)	2 224.9	2.1
6	48.75	0.475	3 200	156.0	2 383.0	2.3
7	49.63	0.540	6 500	322.6	2 707.9	2.6
8	48.25	0.420	(12 000)	(579.0)	2 131.5	2.1
9	48.25	0.410	(1 000)	(48.2)	2 085.4	2.0
10	51.12	0.658	24 800	1 267.8	3 355.2	3.2
11	51.50	0.692	3 400	175.1	3 533.5	3.4
12	49.88	0.542	(15 000)	(748.2)	2 788.7	2.7
13	49.88	0.538	(400)	(20.0)	2 771.4	2.7
14	48.75	0.400	(13 800)	(672.7)	2 101.4	2.0
15	47.50	0.236	(16 400)	(779.0)	1 324.4	1.3
16	48.00	0.261	2 500	120.0	1 445.7	1.4
17	46.25	0.062	(19 900)	(920.4)	526.7	0.5
18	48.13	0.183	12 100	582.4	1 109.6	1.1
19	46.63	0.007	(17 600)	(820.7)	290.0	0.3
20	48.12	0.000	(700)	(33.7)	256.6	

表 17-2 显示，一周以后股票价格降到了 48.12 美元，期权的 Delta 也随之降到 0.458，要保持中性，这时应该持有 45 800 股股票来对冲持有期权所带来的风险，这意味着必须卖出 6 400（即 52 200 - 45 800）股股票，卖出股票带来现金收入 308 000 美元，第 1 周的累计借款余额减至 2 252 300 美元。在第 2 周，股价继续走低，期权的 Delta 也随之降低，依此类推。在期权接近到期时，很明显期权将被行使，期权的 Delta 接近于 1.0。因此在第 20 周结束时，对冲者会有完全保护的头寸，期权持有人会在此时行使期权，对冲者以行使价格卖出股票而收到 500 万美元，卖出期权与对冲风险的总支出费用为 263 300 美元。

表 17-3 显示出另一组模拟的股票价格，期权在期满时成为虚值期权，在第 20 周结束时，对冲人不持有任何股票，对冲总支出费用为 256 600 美元。

表 17-2 及表 17-3 表明，贴现后对冲成本非常接近于布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿的理论价格 24 万美元，但这些近似值与布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿的价格并不完全一致。在一个完美的对冲机制下，对应于每一个模拟情形下的股票价格变化过程，贴现后的对冲费用与理论价格应完全相等。对冲费用与理论费用的差别是因为对冲交易的频率仅为一周一次，当对冲再均衡的频率增大，对

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

冲费用与理论值的差距将会缩小。当然，这里的分析结果是建立在布莱克-斯科尔斯-莫顿公式成立以及无交易费用等完美假设之上。

表 17-4 显示了我们在实例中模拟的 1 000 个股票路径所对应 Delta 对冲的效果统计。与表 17-1 类似，对冲效果由对冲费用的标准差与期权的布莱克-斯科尔斯-莫顿价格的比率来衡量。显然，Delta 对冲比止损策略有很大改进。不同于止损策略的是，随着调整频率的提高，Delta 对冲效果的稳定性也会逐步提高。

表 17-4 Delta 对冲的效果

再均衡之间的时间(周)	5	4	2	1	0.5	0.25
对冲表现	0.43	0.39	0.26	0.19	0.14	0.09

对冲的目的是为了保证交易组合价值的稳定，最初卖出期权的价值为 240 000 美元，如表 17-2 所示，第 9 周时的期权价值为 414 500 美元，因卖出期权金融机构损失 174 500 美元(414 500 - 240 000)。资金累计费用在第 9 周时比交易开始时要多 1 442 900 美元，所持有股票的价值由最初的2 557 800 美元变为 4 171 100 美元。将所有因素汇总在一起，金融机构的交易组合价值变化仅为 4 100 美元。

17.4.3 费用从何而来

由表 17-2 与表 17-3 所示的对冲机制以合成的形式构造出一买入期权(长头寸方)交易，而该“合成”期权用于对冲交易员的卖空交易。正如表 17-2 和表 17-3 所示，对冲机制会造成在价格下跌时卖出股票，而在价格上涨时买进股票，这正是所谓的“买高卖低”。数量为 240 000 美元的费用来自于购买股票实际的价格与卖出股票的价格之间的差。

17.4.4 证券组合的 Delta

以单一资产为标的资产的期权或其他衍生产品组合的 Delta 定义为

$$\frac{\Delta\Pi}{\Delta S}$$

式中，ΔS 为标的资产的价格变化，$\Delta\Pi$ 为相应证券组合价值的变化。

证券组合的 Delta 值可由证券组合内各个单一期权的 Delta 来计算。如果一个交易组合由数量为 w_i 的期权 $i(1\leqslant i\leqslant n)$ 来组成，那么证券组合的 Delta 值为

$$\Delta = \sum_{i=1}^{n} w_i\Delta_i$$

式中，Δ_i 为第 i 个期权的 Delta。该式可以用来计算标的资产的头寸或标的资产期货的头寸，以使得证券组合的 Delta 为 0。当 Delta 为 0 时，我们称证券组合为 Delta 中性。

假定一个金融机构持有以下 3 个关于某标的股票的头寸：

- 100 000 份看涨期权的长头寸，行使价格为 55 美元，期限为 3 个月，每份期权的 Delta 为 0.533。
- 200 000 份看涨期权的短头寸，行使价格为 56 美元，期限为 5 个月，每份期权的 Delta 为 0.468。
- 50 000 份看跌期权的短头寸，行使价格为 56 美元，期限为 2 个月，每份期权的 Delta 为 -0.508。

此时整个证券组合的 Delta 为

$$100\,000\times0.533-200\,000\times0.468-50\,000\times(-0.508)=-14\,900$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

这意味着金融机构可以买入 14 900 股股票使得该证券组合为 Delta 中性。

17.4.5 交易费用

对单一期权与标的资产，如果我们按以上所描述的方式进行对冲将会引发昂贵的交易费用。但对一个很大的期权组合进行对冲时，Delta 中性就会切实可行。此时只需要进行一笔标的资产交易就可以将整个期权组合中性化，交易费用也会被其他交易盈利所吸收。

17.5 Theta

期权组合的 Theta 定义为在其他条件不变时，证券组合价值变化与时间变化的比率。其表达式为

$$\Theta = \frac{\Delta\Pi}{\Delta t}$$

式中，$\Delta\Pi$ 为在其他条件不变时，当时间变化为 Δt 时相应证券组合价值的变动。Theta 有时被称为证券组合的**时间损耗**(time decay)。对于一个无股息股票的欧式看涨期权，计算 Theta 的公式可由布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿公式得出，即

$$\Theta(\text{看涨期权}) = -\frac{S_0 N'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} - rKe^{-rT}N(d_2)$$

式中，d_1 和 d_2 分别由式(13-5)给出，而且

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,e^{-x^2/2} \tag{17-2}$$

为标准正态分布的密度函数。

对于一个股票欧式看跌期权，计算 Theta 的公式为

$$\Theta(\text{看跌期权}) = -\frac{S_0 N'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} + rKe^{-rT}N(-d_2)$$

因为 $N(-d_2) = 1 - N(d_2)$，看跌期权的 Theta 比相应看涨期权的 Theta 大 rKe^{-rT}。例 17-3 是以上公式的应用。

【例 17-3】 股票期权的 Theta

采用例 17-2 中的数据，考虑一个对于无股息股票的期权，其中股票价格为 49 美元，行使价格为 50 美元，无风险利率为 5%，期限为 20 周(=0.3846 年)，股票价格波动率为 20%，这时 $S_0 = 49$，$K = 50$，$r = 0.05$，$\sigma = 0.2$，$T = 0.3846$，期权的 Theta 为

$$-\frac{S_0 N'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} - rKe^{-rT}N(d_2) = -4.31$$

因此，每公历日的 Theta 为

$$-4.31/365 = -0.0118$$

每交易日的 Theta 为

$$-4.31/252 = -0.1710$$

在这些公式中，时间是以年为单位，而通常在计算 Theta 时，时间是以天为单位，因此 Theta 是在其他变量不变时，在一天过后交易组合价值的变化。我们可以计算“每公历日”的 Theta 或“每交易日”的 Theta。为了计算每公历日的 Theta，上面计算 Theta 的公式必须除以 365，为了计算每交易日的 Theta，上面计算 Theta 的公式则除以 252(DerivaGem 计算每公历日的 Theta)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

期权长头寸方的 Theta 通常为负，[⊖]这是因为在其他条件不变的情况下，随着期限的减少，期权价值会有所降低。图 17-5 显示一个看涨期权的 Theta 与标的资产关系的曲线，当股票价值很低时，Theta 接近于零。对应于一个平值看涨期权，Theta 可正可负。图 17-6 显示在三种不同情况下，实值期权、平值期权、虚值期权的 Theta 随时间变化的曲线。

Theta 与 Delta 等希腊值有所不同，因为未来股票的价格有很大的不定性，但时间走向却没有不定性。通过对冲来消除交易组合关于标的资产的风险十分有意义，但通过对冲来消除交易组合对于时间的不定性就毫无意义。即使如此，许多交易员仍把 Theta 作为一个关于交易组合有用的描述。正如我们在今后会看到的那样，在一个 Delta 中性的交易组合中，Theta 为 Gamma 的近似。

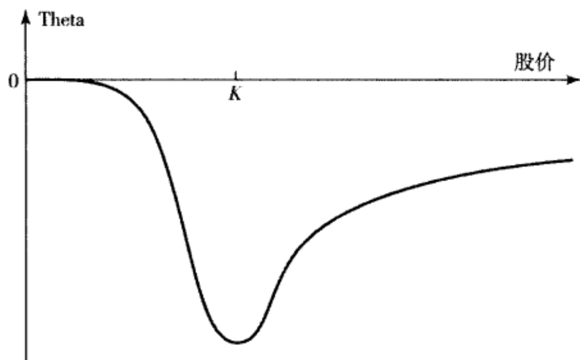


图 17-5 看涨期权的 Theta 与标的资产关系的曲线

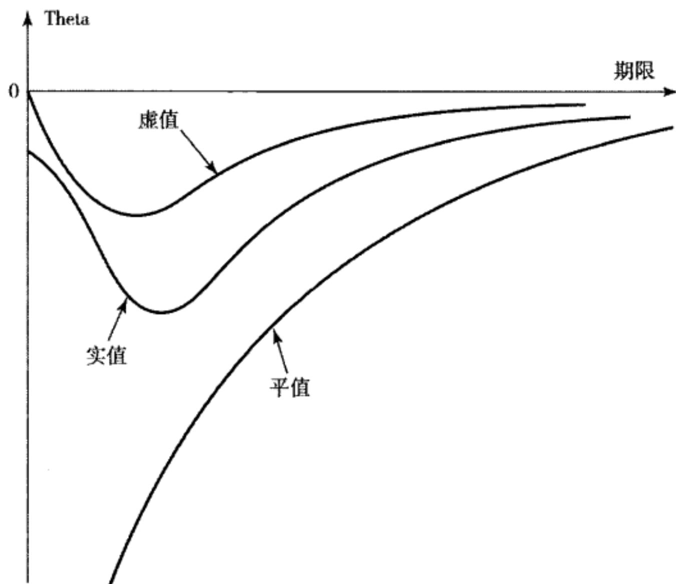


图 17-6 在三种不同情况下 Theta 随时间变化的曲线

17.6 Gamma

一个期权交易组合的 Gamma(Γ)是指交易组合的 Delta 的变化与标的资产价格变化的比率。

⊖ 对这一特性的反例包括：无股息实值看跌期权，以及当外币汇率较高的实值看涨汇率期权。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

当 Gamma 很小时，Delta 变化缓慢，这时为保证 Delta 中性所做的交易调整并不需要太频繁。但是当 Gamma 的绝对值很大时，交易组合的 Delta 对标的资产价格变动就变得很敏感，此时在任何一段时间内不对一个 Delta 中性的交易组合作调整都将会非常危险。图 17-7 说明了这一点，当股票价格由 S 变成 S'时，在 Delta 中性前提下，期权价格由 C 变成 C'，而事实上期权由 C 变成了 C''。C'与 C''的不同造成了对冲误差，而这一误差的大小取决于期权价格与标的资产价格曲线的凸率。Gamma 值正是用来度量这一凸率。⊖

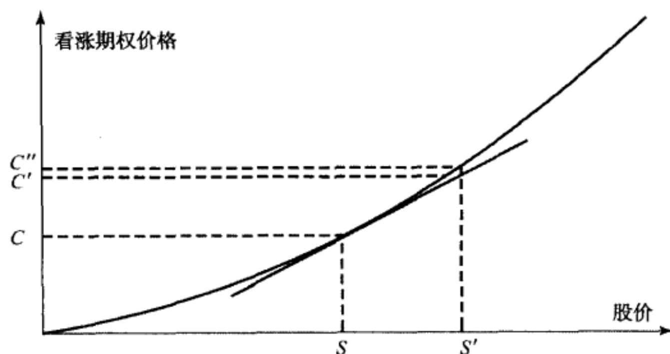


图 17-7 非线性所引入的对冲误差

假定 ΔS 为在很小时间间隔 Δt 内股票价格的变化，$\Delta \Pi$ 为相应的交易组合价格变化。对于一个 Delta 中性的交易组合，下式是近似成立的

$$\Delta \Pi = \Theta \Delta t + \frac{1}{2}\Gamma \Delta S^2 \tag{17-3}$$

式中，Θ 为证券组合的 Theta。例 17-4 是这一公式的应用。

【例 17-4】 Gamma 对一个 Delta 中性证券组合价值的影响

假定某一标的资产的期权组合为 Delta 中性，其 Gamma 为 −10 000。式(17-3)表明，如果标的资产价格在一个较短的时间内变化为 +2或 −2，交易组合价值下跌大约为

$$0.5 \times 10\,000 \times 2^2 = 20\,000 \text{ 美元}$$

图 17-8 展示了一个 Theta 中性的证券组合 $\Delta \Pi$ 与 ΔS 的关系。从该图我们可以看到，当 Gamma 为正时，只有当标的资产价格 S 变化幅度较大时，交易组合才会有正的收益；而当标的资产价格 S 变化幅度较小或不变的情况下，交易组合收益为负。当 Gamma 为负时，以上结论相反，此时标的资产价格的一个较大变动会给交易组合带来严重的损失。当 Gamma 的绝对值增加时，期权价值对于 ΔS 的敏感性会相应增大。

17.6.1 证券组合的 Gamma 中性

线性产品的 Gamma 为 0，因此线性产品不能用于改变交易组合的 Gamma。改变交易组合的 Gamma 必须采用价格与标的资产价格呈非线性关系的产品，例如期权。

假定一个 Delta 中性的交易组合的 Gamma 为 Γ，而某一交易所交易期权的 Gamma 为 Γ_T。如果决定将 w_T 数量的期权加入到交易组合中，由此产生新的交易组合的 Gamma 为

⊖ 事实上期权的 Gamma 有时被从业人员称为凸率。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

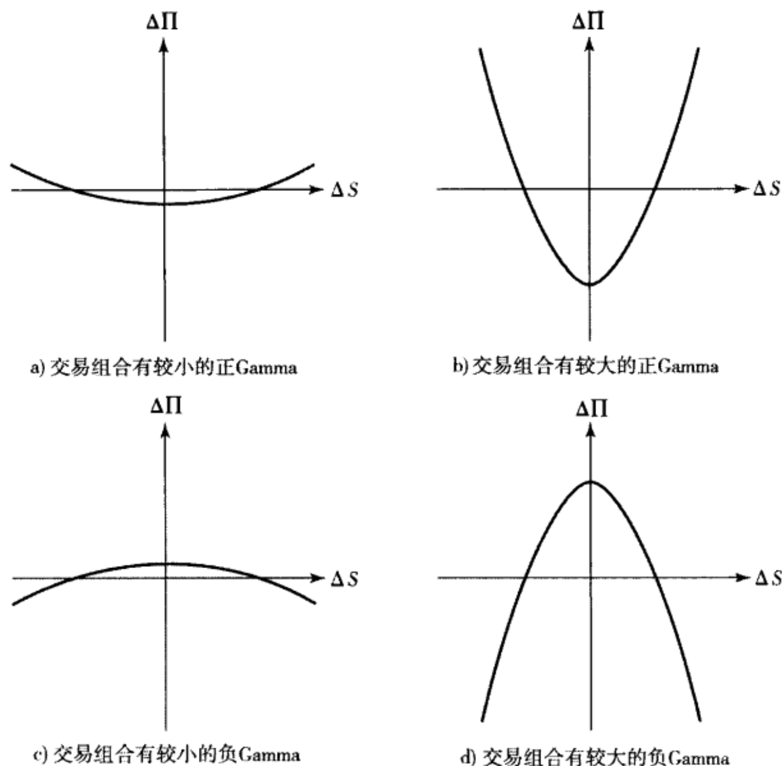


图 17-8 Delta 中性交易组合的 ΔΠ 与 ΔS 之间的关系图

$$w_T\Gamma_T+\Gamma$$

要使得交易组合 Gamma 呈中性，期权交易头寸应为 $w_T=-\Gamma/\Gamma_T$。引入交易期权会改变交易组合的 Delta，因此必须调整标的资产数量以保证新的交易组合 Delta 中性。交易组合只在较短时间内为 Gamma 中性，随着时间变化，只有不断调整期权数量以使得 $w_T=-\Gamma/\Gamma_T$ 成立，才能保证交易组合为 Gamma 中性。

对一个 Delta 中性的交易组合进行 Gamma 中性化可以看做是对 Delta 中性交易中无法连续改变标的资产数量这一缺陷的校正，如图 17-7 所示。Delta 中性保证了在对冲再均衡之间交易组合价值不受股票价格微小变化的影响；而 Gamma 中性则保证了在对冲再衡之间，交易组合价值不受股票价格较大变化的影响。假定一交易组合为 Delta 中性，其 Gamma 量为 -3 000。而对应于交易所交易期权的 Delta 及 Gamma 分别为 0.62 及 1.50。在交易组合中加入 3 000/1.5 = 2 000 份期权会使得此交易组合变成 Gamma 中性。但因此交易组合的 Delta 也会从 0 变为 2000 × 0.62 = 1 240，为保证新的交易组合 Delta 中性我们必须卖出 1 240 股标的股票。例 17-5 是对这一交易策略的总结。

【例 17-5】 将交易组合变为 Delta 中性及 Gamma 中性

某交易员的交易组合为 Delta 中性，其 Gamma 为 -3 000。某交易所交易期权的 Delta 与 Gamma 分别为 0.62 及 0.50，该交易员为了使得交易组合 Delta 及 Gamma 均为中性，他可以进行以下交易。

- 买入 2 000 股期权（20 个期权合约）保证 Gamma 中性。
- 卖出 1 020 份标的资产以保证 Delta 中性。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

17.6.2 Gamma 的计算

对于一个无股息看涨及看跌期权，Gamma 关系式为

$$\Gamma = \frac{N'(d_1)}{S_0 \sigma \sqrt{T}}$$

式中，d_1 由式(13-5)定义，$N'(x)$ 由式(13-2)给出。例(17-6)是以上公式的应用。看涨期权长头寸的 Gamma 总是为正，并且与 S_0 的变化形式如图 17-9 所示。图 17-10 显示了虚值期权、平值期权、实值期权的 Gamma 与期限的关系。对于实值期权，Gamma 随期限的缩短而有所增大。短期限的平值期权 Gamma 很大，这意味着这种期权持有者的头寸对于股票价格非常敏感。

【例 17-6】 股票期权的 Gamma

如例 17-2 所示，考虑一个无股息的股票期权，其中股票价格为 49 美元，行使价格为 50 美元，无风险利率为 5%，期权期限为 20 周（=0.3846 年），股票价格波动率为 20%。这时 $S_0=49$，$K=50$，$r=0.05$，$\sigma=0.2$，$T=0.3846$，期权的 Gamma 为

$$\frac{N'(d_1)}{S_0 \sigma \sqrt{T}} = 0.066$$

当股票价格变化为 ΔS 时，期权的 Delta 变化为 $0.066\Delta S$。

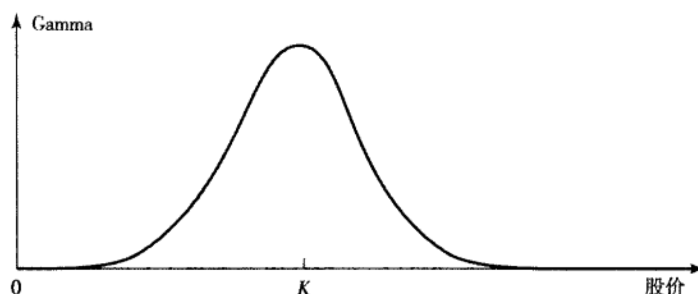


图 17-9 看涨期权的 Gamma 与标的资产价格的关系

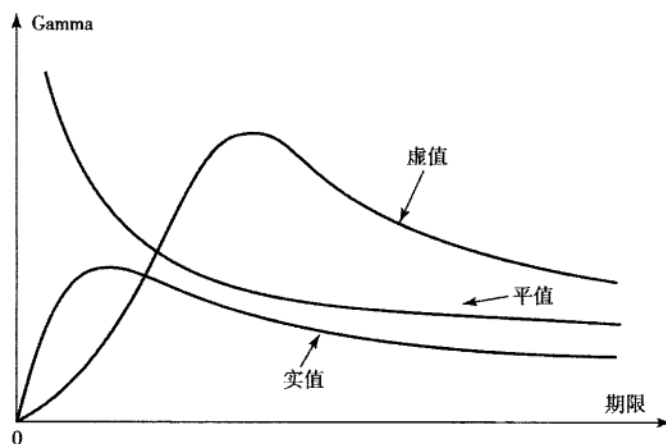


图 17-10 期权的 Gamma 与期权期限的关系

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

17.7 Delta、Theta 和 Gamma 之间的关系

布莱克－斯科尔斯－莫顿分析表明，对于一个无股息资产上由看涨、看跌期权以及其他金融衍生产品所组成的交易组合一定满足

$$\Theta + rS_0\Delta + \frac{1}{2}\sigma^2 S_0^2\Gamma = r\Pi \tag{17-4}$$

式中，S_0 为资产价格，Π 为交易组合的价值。

对于 Delta 中性交易组合，$\Delta=0$，因此

$$\Theta + \frac{1}{2}\sigma^2 S_0^2\Gamma = r\Pi$$

该式说明当 Θ 很大并且为正时，交易组合的 Gamma 虽然也很大，但为负，反之亦然。这一结果与图 17-8 所示结果一致，这也同时解释了为什么对于 Delta 中性的交易组合，我们可以将 Theta 作为 Gamma 的近似。

17.8 Vega

到目前为止，我们一直假设衍生证券的标的资产波动率为常数。在实践中，波动率随时间会有所变化，这意味着衍生证券价格会随着标的资产价格与期限的变化而变化，同时也会随波动率的变化而变化。

一个交易组合的 Vega($\mathcal{V}$)㊀是指交易组合价值变化与标的资产波动率变化的比率。其定义为

$$\mathcal{V} = \frac{\partial \Pi}{\partial \sigma}$$

如果一个交易组合 Vega 绝对值很大，此交易组合的价值会对波动率变化非常敏感；当一个交易组合 Vega 绝对值较小时，资产波动率的变化对交易组合价值的影响也会很小。

在某一个交易组合中加入某个交易所交易期权会使得交易组合的 Vega 得以改变，假定某交易组合的 Vega 为 $\mathcal{V}$，可交易期权的 Vega 为 $\mathcal{V}_T$，在交易组合中放入头寸为 $-\mathcal{V}/\mathcal{V}_T$ 的交易所交易期权可使最初的交易组合 Vega 中性。但不幸的是，一个 Gamma 中性的交易组合一般不会是 Vega 中性，一个投资者要想使得一个交易组合同时达到 Gamma 和 Vega 中性，就必须引入与标的产品有关的两种不同衍生产品才能达到目的。这一结论在例 17-7 中有所说明。

【例 17-7】 如何使交易组合 Delta、Gamma、Vega 均为中性

假如某一交易组合为 Delta 中性，Gamma 为 －5 000，Vega 为 －8 000。假定某个交易所交易期权的 Gamma 为 0.5，Vega 为 2.0，Delta 为 0.6。购买 4 000 个交易所交易期权会使得交易组合成为 Vega 中性，这样做同时会使 Delta 增至 2 400，因此为了保证 Delta 中性必须卖出 2 400 个单位的标的资产，交易组合的 Gamma 也会从 －5 000 变成 －3 000。见右表：

	Delta	Gamma	Vega
组合	0	−5 000	−8 000
期权 1	0.6	0.5	2.0
期权 2	0.5	0.8	1.2

为了保证交易组合 Gamma 及 Vega 呈中性，我们需要引入第二个交易所交易期权。此期权的 Gamma 为 0.8，Vega 为 1.2，Delta 为

㊀ Vega 虽然是期权定价中“希腊值”的一个名称，但是 $\mathcal{V}$ 并不对应于任何一个希腊字母。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

0.5。用 w_1 及 w_2 来代表两个可交易期权的头寸，我们要求

$$-5\ 000+0.5w_1+0.8w_2=0$$
$$-8\ 000+2.0w_1+1.2w_2=0$$

以上两式的解为 $w_1=400$，$w_2=6\ 000$。因此分别加入400个第一个交易所交易期权及6 000个第二个交易所交易期权会使得交易组合Gamma及Vega都呈中性。加入这两种期权后，交易组合的Delta变为 $400\times0.6+6\ 000\times0.5=3\ 240$，因此必须卖出3 240份标的资产才能保持交易组合为Delta中性。

对于无股息的欧式看涨期权，Vega由以下公式给出

$$\mathcal{V}=S_0\sqrt{T}N'(d_1)$$

式中，d_1 由式(13-5)给出，$N(x)$ 由式(17-2)给出。例17-8是这些公式的应用。欧式及美式期权的Vega总为正，Vega与 S_0 的变化形式如图17-11所示。

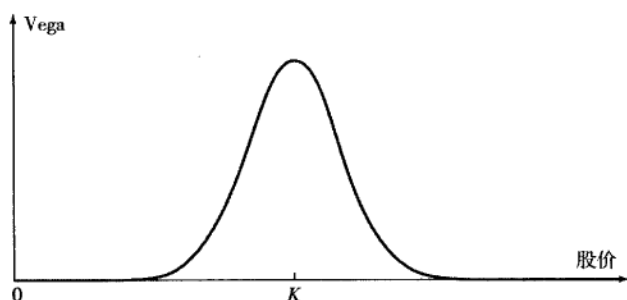


图17-11　期权的Vega与股票价格的关系

【例17-8】 股票期权的Vega

如例17-2所示，考虑一个对于无股息股票的看涨期权，其中股票价格为49美元，行使价格为50美元，无风险利率为5%，期限为20周（=0.3846年），股票价格波动率为20%。这时，我们可以得出期权的Vega为

$$S_0\sqrt{T}N'(d_1)=12.1$$

因此，当波动率增加1%时（例如，由20%增长到21%），期权价格会相应增长大约 $0.01\times12.1=0.121$。

由布莱克－斯科尔斯－莫顿模型及其扩展形式来计算Vega看起来有些奇怪，因为布莱克－斯科尔斯－莫顿模型的一个基本假设就是波动率为常数。理论上，由一个假定Vega为随机变量的模型来计算Vega更为合理。但是，结果表明，由随机波动率模型得出的Vega与布莱克－斯科尔斯－莫顿的Vega很接近，因此，假定波动率为常数而得出的Vega用起来很好。[㊀]Gamma中性保证，在两个对冲平衡交易之间，交易组合价格并不因为标的资产较大幅度变动而产生变动，而Vega中性则保证当 σ 有微小变动时，交易组合的价值得到保护。就像所期望的那样，采用交易所交易期权来对Vega与Gamma进行对冲是否为最好的办法，取决于对冲的再均衡时间间隔以及波动率的波动率。[㊁]

㊀ 请参考J. C. Hull and A. White, "The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities," *Journal of Finance*, 42 (June 1987): 281-300; J. C. Hull and A. White, "An Analysis of the Bias in Option Pricing Caused by a Stochastic Volatility," *Advances in Futures and Options Reasearch*, 3(1988): 27-61。

㊁ 关于这一观点的讨论，请参考J. C. Hull and A. White. "Hedging the Risks from Writing Foreign Currency Options," *Journal of International Money and Finance*, 6(June 1987): 131-152。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

17.9 Rho

一个期权交易组合的 Rho 为交易组合价值变化与利率变化的比率。这一变量用于衡量交易组合对于利率变化的敏感性。对于一个无股息股票的欧式看涨期权，其 Rho 由以下公式给出

$$\text{Rho(看涨期权)} = KTe^{-rT}N(d_2)$$

式中，d_2 由式(13-5)给出。对于欧式看跌期权，其 Rho 由以下公式给出

$$\text{Rho(看跌期权)} = -KTe^{-rT}N(-d_2)$$

例 17-9 是以上公式的应用。

【例 17-9】 股票期权的 Rho

如例 17-2 所示，考虑一个对于无股息股票看涨期权，其中股票价格为 49 美元，行使价格为 50 美元，无风险利率为 5%，期限为 20 周（= 0.384 6 年），股票价格波动率为 20%。这时，我们可以得出期权的 Rho 为

$$KTe^{-rT}N(d_2) = 8.91$$

因此，当利率增加 1% 时（例如，由 5% 增长到 6%），期权价格相应增长大约 $0.01 \times 8.91 = 0.089\ 1$。

17.10 对冲的现实性

在一个理想世界里，金融机构的交易员可以随时调整对冲交易以确保交易组合 Delta、Gamma 与 Vega 均为 0。但在现实生活中这样做是不可能的。在管理与某标的资产有关的交易组合时，交易员通常是通过每天对标的资产进行交易以确保交易组合的 Delta 为 0 或接近于 0。而保证 Gamma 及 Vega 为 0 就十分困难，这是因为在市场上很难找到价格合理并且适量的期权以达到对冲目的（见业界实例 17-1 中有关动态对冲的讨论）。

业界实例 17-1 实践中的动态对冲

一个金融机构一般指定某一交易员或某一交易组来负责管理与某一特定资产有关的交易组合。例如，高盛公司的某一交易员被指定负责与澳元有关的所有衍生品交易组合。交易组合的市价及有关的希腊值风险均通过某一计算机系统来产生。对应于每一项风险都会设定不同的风险额度，如果交易员的交易量在交易日结束时超过额度，他必须得到特殊批准。

Delta 额度的表达形式通常对应于标的资产的最大交易量。例如，假设高盛公司关于微软股票的 Delta 额度为 1 000 万美元，微软股价为 50 美元，这意味着对应的 Delta 数量不能超过 200 000。Vega 的交易额度通常表达为当标的价格波动率变化 1% 时所对应价值变化的最大限量。

事实上，交易员在每天交易日结束时会保证交易组合 Delta 中性或接近中性。Gamma 及 Vega 会得到监控，但这些风险量并不是在每天都得到调整。金融机构常常发现自己因业务需要而向客户卖出期权，天长日久自己会积累一个负的 Gamma 与 Vega。因此金融机构往往会寻求适当机会以合适的价格买入期权来中和自己所面临的 Gamma 及 Vega 风险。

用期权来管理 Gamma 及 Vega 等风险时要特别注意，当期权刚刚被卖出时，期权一般为平值（或很接近平值），而此时期权的

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Gamma 及 Vega 会接近最大值。但随着时间的流逝，当基础资产价格变化足够大后，期权会变成实值或虚值期权，此时期权的 Gamma 及 Vega 会很小，这些风险量对交易组合的影响也很小。当一个期权接近到期而且标的资产价格与行使价格较为接近，此时进行对冲会给交易员带来许多麻烦。

对于期权交易员而言，这里存在一个很大的规模经济问题。如上所述，对于单个 S&P 500 股指期权而言，每天维持 Delta 中性的费用会非常高。但是，对于以 S&P 500 为标的资产的交易组合进行这样的对冲就变得切实可行，因为平摊到每个期权的对冲费用很小。

17.11 情景分析

除了观察诸如 Delta、Gamma 和 Vega 等风险量之外，期权交易员也常常做情景分析(scenario analysis)。情景分析包括计算在某一指定时间内不同情景下交易组合的盈亏，分析中时间长度的选择通常与产品的流通性有关，所用的情景可由管理人员选定，也可由模型来产生。

某银行持有一个汇率期权组合，此交易组合价值取决于两个主要变量：汇率及汇率波动率。假定当前汇率为 1.0，汇率波动率为每年 10%。银行可以用类似表 17-5 的表格来计算两周内在所示不同情景下交易组合的盈亏。在表中，我们考虑了 7 种不同的汇率与 3 种不同的波动率。汇率在两周内变化的标准方差为 0.02，汇率的变化为对应于一个、两个和三个标准方差的变化。

表 17-5 在不同情景下某汇率期权交易组合在两周内的盈亏

波动率	汇率						
	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06
8%	+102	+55	+25	+6	-10	-34	-80
10%	+80	+40	+17	+2	-14	-38	-85
12%	+60	+25	+9	-2	-18	-42	-90

如表 17-5 所示，最大损失位于该表的右下角。这一损失对应的波动率为 12%，汇率为 1.06。在类似表 17-5 的情景分析中，最大损失通常位于表格的角落位置，但这一特性并不是永远正确。例如，当银行的头寸为蝶式差价的短头寸时(见第 11.2 节)，最大损失对应于在标的资产市场价格不变时的情景。

17.12 公式的推广

到目前为止，我们所推导出的 Delta、Theta、Vega 及 Rho 只适用于无股息的股票期权。表 17-6 显示了当股票支付连续股息 q 时这些公式相应的形式。d_1 及 d_2 分别由式(15-4)及式(15-5)给出。令 q 为股指的收益率，我们可以得出股指欧式期权的希腊值；令 q 为外币利率，我们可以得出货币期权的希腊值；令 $q=r$，我们可以得出期货期权的希腊值。对于欧式期货看涨期权，我们有以下例外，该类看涨期权的 Rho 等于 $-cT$，相应的看跌期权的希腊值 Rho 等于 $-pT$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表 17-6 资产收益率为 q 的期权希腊值

希腊值	看涨期权	看跌期权
Delta	$e^{-qT}N(d_1)$	$e^{-qT}[N(d_1)-1]$
Gamma	$\frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S_0\sigma\sqrt{T}}$	$\frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S_0\sigma\sqrt{T}}$
Theta(每天)	$-S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}/(2\sqrt{T})$	$-S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}/(2\sqrt{T})$
	$+qS_0N(d_1)e^{-qT}-rKe^{-rT}N(d_2)$	$-qS_0N(-d_1)e^{-qT}+rKe^{-rT}N(-d_2)$
Vega(每1%)	$S_0\sqrt{T}N'(d_1)e^{-qT}$	$S_0\sqrt{T}N'(d_1)e^{-qT}$
Rho(每1%)	$KTe^{-rT}N(d_2)$	$-KTe^{-rT}N(-d_2)$

对于外汇期权，两个不同的利率有两个不同的 Rho 值。国内利率的 Rho 由表 17-6 中公式给出[d_2 由式(15-9)给出]，欧式看涨期权外汇利率 Rho 的表达式为

$$\text{Rho}(\text{看涨期权，外国利率}) = -Te^{-r_fT}S_0N(d_1)$$

欧式看跌期权外汇利率 Rho 的表达式为

$$\text{Rho}(\text{看跌期权，外国利率}) = Te^{-r_fT}S_0N(-d_1)$$

式中，d_1 由式(15-9)给出。

17.12.1 远期合约的 Delta

Delta 的概念也适用于期权以外的产品。考虑一个无股息股票上的远期合约。式(5-5)表示远期合约的价值为 S_0-Ke^{-rT}，其中 K 为支付价格，T 为远期的期限。在其他变量不变的情况下，当股票价格变化为 ΔS 时，股票远期合约的价格变化也为 ΔS，因此远期合约的长头寸的 Delta 永远为 1。这意味着一个股票的远期合约的长头寸可以用 1 只股票的短头寸来对冲；远期合约的短头寸可以买入 1 只股票来对冲其风险。⊖

对于连续股息收益率为 q 的资产，式(5-7)给出远期合约的 Delta 为 e^{-qT}。对于股指合约，q 等于股息收益率。对于外汇远期合约，q 等于外币无风险利率 r_f。

17.12.2 期货的 Delta

由式(5-1)得出，一个无股息股票的期货价格为 S_0e^{rT}，其中 T 为期货的期限。该式说明，在其他变量不变的情况下，当股票价格变化为 ΔS 时，期货价格变化为 ΔSe^{rT}。因为期货价格每天按市场定价，期权合约长头寸的持有者在股票价格变化为 ΔS 后，几乎马上会得到 ΔSe^{rT} 数量的收益，因此期货合约的 Delta 为 e^{rT}。对于股息收益率为 q 的股票，采用式(5-3)，我们可以得出，Delta 为 $e^{(r-q)T}$。我们应注意，由于每日结算会造成期货 Delta 与远期 Delta 有一些微小的差别。在利率为常数，即远期价格等于期货价格时，这一结论也成立(这一点与业界实例 5-2 的讨论有关)。

有时期货合约会被用来构造 Delta 中性的头寸。定义：

T——期货合约的到期日；

H_A——保证 Delta 中性所需要持有的资产数量；

H_F——在采用期权对冲方法时，为保证 Delta 中性所持有的期货数量。

⊖ 这里的对冲为对冲即遗忘型。因为 Delta 永远为 1，在合约期限内，我们无须对股票头寸重新进行调整。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

如果标的资产不支持任何股息，我们以上分析说明

$$H_F = e^{-rT}H_A \tag{17-5}$$

如果标的资产支付的连续股息收益率为 q，我们有

$$H_F = e^{-(r-q)T}H_A \tag{17-6}$$

对于股指，q 等于股指收益率；对于货币，q 等于外汇汇率，因此，

$$H_F = e^{-(r-r_f)T}H_A \tag{17-7}$$

例 17-10 是以上公式的应用。

【例 17-10】 利用期货来对冲外汇交易组合的风险

假定一家美国银行持有一外汇期权交易组合，该银行可以通过卖出 458 000 英镑来达到 Delta 中性。假定美国无风险利率为 4%，英国无风险利率为 7%。由式(17-7)得出，采用 9 个月期的货币期货来对冲需要的短头寸数量为

$$e^{-(0.04-0.07)\times 9/12}458\ 000$$

即 468 442 英镑。因为每一个期货合约是关于卖出或买入 62 500 英镑，这时，该银行需要进入 7 个合约的短头寸(这里的合约数量 7 是与 468 442/62 500 最近的整数)可以达到对冲目的。

17.13 构造合成期权来对证券组合进行保险

一个证券组合的管理人常常会想持有对于其管理证券组合的看跌期权。在市场下跌时，看跌期权会对证券组合提供保护，而在市场上涨时，证券组合仍有潜在上涨的空间。一种做法(在第 15 章里曾有讨论)是买入类似 S&P 500 的股指看跌期权，而另外一种做法则是构造合成期权。

构造合成期权是指持有一定数量的标的资产(或标的资产的期货)以使得所持头寸的 Delta 等于所需期权头寸的 Delta。构造合成期权所需的头寸与对冲该期权所需要的头寸刚好相反，这是因为对期权的对冲过程涉及了构造一个相同但具有相反头寸的合成期权。

对证券组合管理人而言，构造合成看跌期权可能会比在市场上买入期权更有吸引力，这样做有两个原因：第一个原因是期权市场可能不具备足够大的流通性来提供大型基金经理所需要的产品；第二个原因是基金经理所需要期权的行使价格和到期日与交易所市场提供的期权会有所不同。

合成期权是通过交易证券组合或期货合约来完成的。我们首先描述如何由交易证券组合来构成一个看跌期权。由表 17-6 得出，证券组合欧式看跌期权的 Delta 为

$$\Delta = e^{-qT}[N(d_1)-1] \tag{17-8}$$

与通常一样

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K)+(r-q+\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

S_0 为证券组合价格，K 为行使价格，r 为无风险利率，q 为证券组合的收益率，σ 为证券组合价格波动率，T 为期权期限。

为了构造合成看跌期权，基金经理在任意给定时刻所卖出股票占原证券组合的比例为

$$e^{-qT}[1-N(d_1)]$$

基金经理在卖出股票后将所得资金投入无风险资产。当原证券组合价值下跌时，由式(17-8)给出的看跌期权变得越来越小，[⊖]因此证券组合卖出的份额必须增加；当原证券组合的价值上涨时，看

⊖ 为负值，即其绝对值增大。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

跌期权变负的程度会有所减弱，因此证券组合卖出的份额会减少(即需购回原证券组合的一部分)。例 17-11 描述了这一过程。

【例 17-11】 证券保险交易策略

一证券组合价值为 9 000 万美元。为了在市场下跌时对证券组合提供保护，证券组合经理需要持有一个行使价格为 8 700 万美元，期限为 6 个月的看跌期权，这里无风险利率为年率 9%，波动率为年率 25%，S&P 500 股指的当前价格为 900。证券组合的结构很接近 S&P 500，因此证券组合经理的一种做法是买入 1 000份行使价格为 870 的 S&P 500 看跌期权。另外一种做法则是构造合成期权。这里，$S_0=9\ 000$，$K=8\ 700$，$r=0.09$，$q=0.03$，$\sigma=0.25$，$T=0.5$，因此

$$d_1=\frac{\ln(90/87)+(0.09-0.03+0.25^2/2)\times 0.5}{0.25\sqrt{0.5}}$$

$$=0.4499$$

初始时刻所要求的期权 Delta 为

$$e^{-qT}[N(d_1)-1]=-0.321\ 5$$

这说明，在最初要卖出 35.15% 的证券组合来取得所要求的 Delta。证券组合的数量应该经常调整。例如，如果在一天后证券组合价值减至为 8 800 万美元，所需要的 Delta 变为 −0.367 9，这时应进一步卖出 4.64% 的证券组合。如果交易组合价值增到 9 200 万美元，Delta 变为 −0.278 7，这时应买回 4.28% 的证券组合。

采用这种策略来构造证券组合保险意味着在任意给定时刻，基金被分为两部分，一部分基金为股票组合，对此股票组合需要提供保险，另一部分为无风险资产。当股票组合价上涨时，无风险资产要被变卖，股票组合头寸会增大；当股票价格下跌时，股票组合头寸会减小，无风险资产要被买回。保险的成本是由于证券管理人买高卖低造成的。

利用指数期货

我们也可以利用指数期货来构造合成期权，而且这种做法有时比利用标的股票来构造合成期权会更受欢迎，这是因为交易股指期货的费用要比交易相应标的资产的费用更低。由式(17-6)至式(17-8)可以得出，卖出指数期货合约的金额数量占证券组合价值的比例应为

$$e^{-qT}e^{-(r-q)T^*}[1-N(d_1)]=e^{q(T^*-T)}e^{-rT^*}[1-N(d_1)]$$

式中，T^* 为期货的到期日。如果证券组合价值等于 A_1 倍的指数，指数期货的规模等于 A_2 倍的指数，那么在任意时刻卖出指数期货的数量为

$$e^{q(T^*-T)}e^{-rT^*}[1-N(d_1)]\frac{A_1}{A_2}$$

例 17-12 是关于该公式的一个应用。

【例 17-12】 利用期货来构造证券组合的保险

假定在例 17-11 中，我们采用 9 个月后到期的 S&P 500 期货来构造合成期权，这时 $T=0.5$，$T^*=0.75$，$A_1=100\ 000$，$A_2=250$，$d_1=0.449\ 9$，因此需要卖出的期货数量为

$$e^{q(T^*-T)}e^{-rT^*}[1-N(d_1)]\frac{A_1}{A_2}=122.95$$

近似到最近的整数，我们得出卖出期货数量 123。随着时间推移及指数的变化，期货的头寸要随时加以调整。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

到目前为止，我们假定证券组合的收益对应于某个指数的收益。如 15.1 节所述，我们可以调整对冲过程使其适应于其他情景。这时，所使用期权的行使价格应等于证券组合价格达到保险水平时所对应的市场指数的预期价格。指数期权数量等于证券组合的 β 值乘以在证券组合的 β 值为 1 时所对应的期权数量。证券组合的波动率等于 β 值乘以一个风险被充分分散的指数组合的波动率。

17.14 股票市场波动率

我们在第 13 章里讨论了究竟是新信息的出现还是交易引起股票波动的问题。以上所描述的证券组合保险交易策略有可能会使市场波动率增大。当市场下跌时，这些策略会使得证券组合管理人要么卖出股票要么卖出指数期货。这两种交易都会加重市场的下跌幅度(见业界实例 17-2)。出售股票会带动股指进一步下跌，卖出股指期货也会使得期货价格下跌。根据指数套利机制(见第 5 章)，这同样会对股票出售产生压力。因此，市场指数也会因此下跌。类似地，当市场价格上涨时，证券组合保险会使证券组合管理人或者买入股票或者买入期货，这会进一步加剧市场价格上涨的幅度。

业界实例 17-2　1987 年股价暴跌

在 1987 年 10 月 19 日，星期一，道琼斯工业平均指数(The Dow Jones Industrial Average)下跌幅度超过 20%。对于这次下跌，组合保险策略起了重要作用。在 1987 年 10 月，有 600 亿～900 亿美元的股票资产用于组合保险策略，这一保险策略利用“止损”(stop loss)交易方法而以合成的形式构造出看跌期权。

在 1987 年 10 月 14 日星期二至 1987 年 10 月 16 日星期五这段期间，市场下跌了近 10%，这里大部分下跌发生在星期五的下午，因为这一下跌由交易组合保险策略程序显示至少有 120 亿美元股票或股指期货需要出售，但事实上，交易组合保险持有人的销售量只达到了 40 亿美元，在接下一周开始时，保险持有人需要卖出大笔股票以达到满足他们的程序所要求的数量，据估计在 10 月 19 日由三家交易组合保险持有人所卖出股票的数量占整个纽约股票交易所成交量的 10%，而整个交易组合保险策略所产生的交易占整个股指期货交易的 21.3%，其他投资者预见到交易组合保险持有人会大笔抛出股票，这些投资者也纷纷将自己的股票抛出，这进一步助长了股票市场的下跌幅度。

股票市场下跌造成了整个交易市场的超负荷运作。许多组合保险持有人不能够及时完成模型所要求的交易，因此组合保险也没有带来预定的效果。不管怎么说，交易组合保险策略在 1987 年后大幅减少，这一故事说明当所有市场参与者都在做类似交易时，我们只进行单一交易策略(甚至对冲策略)是非常危险的。

除了一些正式的证券组合保险交易策略，我们还可以看到许多投资者在有意或无意之中实施自身的证券组合保险策略。例如，某投资者可能在市场上涨时进入市场，而在市场下跌时出售证券以对自身的损失进行限制。

证券组合保险交易策略(正式或非正式)是否会影响市场波动率取决于市场对组合保险策略交易的容纳程度。如果组合保险交易仅仅是市场交易中很小的一部分，那么这种交易策略对市场可能不会有太大影响。但当证券组合保险交易变得越来越普遍时，这种交易策略往往会对市场产生不稳定影响。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

小 结

金融机构向其客户提供不同种类的期权产品。这些期权产品常常与交易所内交易的标准化期权有所不同。因此金融机构会面临对冲自身风险暴露的问题。裸露期权及掩护头寸会使得它们面临的风险达到不可接受的水平。一种可以采用的策略是所谓的止损交易策略。这种交易策略在当期权为虚值状态时，持有裸露期权头寸；而当期权为实值状态时，马上进入掩护头寸。虽然这种策略看起来很吸引人，但其对冲效果并不好。

期权的 Δ 为期权价格变化与标的资产价值变化的比率。Delta 对冲是指构造 Δ 为 0 的头寸(有时也被称为 Delta 中性头寸)。因为标的资产的 Delta 值为 1.0，因此，对于每一个期权的长头寸，一种对冲的方法是持有 $-\Delta$ 数量的标的资产。期权的 Delta 随时间变化而有所变化，这意味着应该经常调整标的资产的头寸。

一旦某个期权头寸已处于 Delta 中性状态，接下一个步骤是观察其 Gamma 值。期权的 Gamma 值为期权的 Delta 变化与标的资产价格变化的比率。这一数量是为了衡量期权价格与标的资产价格关系曲线的凸率。通过构造期权头寸的 Gamma 中性，我们可以减小凸率对 Delta 对冲效果的影响。如果某头寸的 Gamma 值为 Γ，那么通过持有 Gamma 值为 $-\Gamma$ 的交易所内的交易期权将可以达到以上目的。

Delta 及 Gamma 两种对冲都假设波动率为常数。事实上，波动率随时间变化会有所变化。期权或期权组合的 Vega 等于头寸价值变化与波动率变化的比率。希望自身期权组合对波动率呈中性的交易员可以持有一个 Vega 中性的交易组合。与构造 Gamma 中性状态相同，交易员通常可以持有抵消性交易头寸来达到目的。如果交易员希望同时达到 Gamma 和 Vega 中性，他必须交易两类交易所内交易期权。衡量期权头寸风险的另外两个测度为 Theta 及 Rho。在其他变量不变时，Theta 等于头寸价值变化与时间变化的比率。类似地，在其他变量不变时，Rho 等于头寸价值变化与利率变化的比率。

在实践中，期权交易员常常至少每一天都要调整交易组合以便保证 Delta 中性。要长期保证 Gamma 及 Vega 中性是不现实的。一般来讲，交易员会观察这些敏感度，当它们变动太大时，要采取适当措施直至停止交易。

为了对股票证券组合进行保险，有时证券组合管理人会构造合成期权。交易员可以通过交易自身的证券组合或该证券组合的股指期货来达到目的。交易证券组合需要将证券组合分成股权及无风险产品两个部分。当市场下跌时，将增加投资于无风险产品的资金；当市场上涨时，将增加投资于股权部分的资金。交易该证券组合的指数期货是在保证股权组合不变的同时，卖出指数期货合约。当市场下跌时，会卖出更多的指数期货；当市场上涨时，会卖出更少的期货。这种形式的证券组合保险在正常的市场条件下会运作得很好。但在 1987 年 10 月 19 日星期一，当道琼斯工业平均指数剧烈下跌时，这一保险策略的效果非常糟糕。这时证券组合的保险者不能及时卖出股票与指数期货来对其头寸进行保护。

推荐阅读

Taleb, N. N. *Dynamic Hedging: Managing Vanilla and Exotic Options*. New York: Wiley, 1996.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

测验题

17.1 请解释投资者如何对一个卖出的虚值看涨期权实施止损对冲策略。为什么这种策略的效果并不好？

17.2 一个看涨期权 Delta 为 0.7 的含义是什么？当每个期权的 Delta 均为 0.7，如何使得 1 000 个看跌期权短头寸组合变为 Delta 中性？

17.3 当无风险利率为年率 10%，股票波动率为 25% 时，计算这一无股息股票的平值欧式期权的 Delta，其中期权的期限为 6 个月。

17.4 一个衍生产品交易组合的 Vega 可以通过交易标的资产来改变吗？

17.5 期权头寸的 Gamma 是什么含义？某个头寸的 Delta 为 0，而 Gamma 为一个很大的负值，该头寸的风险是什么？

17.6 “构造一个合成期权的过程，就是对冲这一期权头寸的反过程”。请解释这句话的含义。

17.7 请解释为什么证券组合保险策略在 1987 年 10 月 19 日的股票市场大跌中起了推波助澜的作用。

练习题

17.8 当时间是以年为计时，一个期权的 Theta 为 -0.1 的含义是什么？如果一个交易员认为股票价格及隐含波动率都不会变化，那么他采用什么样的期权头寸比较合理？

17.9 一个行使价格为 40 美元的虚值看涨期权的布莱克-斯科尔斯-莫顿价格为 4 美元，一个卖出期权的交易员想采用止损交易策略。交易员想在股票价格为 40.10 美元时买入股票，而在 39.90 美元时卖出股票，估计股票被买入及卖出的次数。

17.10 假定某股票的当前价格为 20 美元，一个行使价格为 25 美元的看涨期权是由频繁交易标的股票头寸构造而成。考虑以下两种情形：

a. 股票价格在期权期限内逐渐平稳地由 20 美元涨至 35 美元。

b. 股票价格剧烈变动，最后的价格为 35 美元。

哪种情景会使得合成期权更为昂贵？

17.11 数量为 1 000 的关于白银期货欧式看涨期权短头寸的 Delta 为多少？其中期权期限为 8 个月，期权所对应期货的期限为 9 个月。9 个月期限的期货价格为每盎司 8 美元。期权行使价格为 8 美元，无风险利率为年率 12%，白银价格波动率为年率 18%。

17.12 在练习题 17.11 中，为保证 Delta 对冲，白银期货的初始头寸为多少？如果采用白银本身来对冲，初始头寸又为多少？如果采用 1 年期的期货，初始头寸又为多少？这里假设白银没有储存费用。

17.13 一家公司准备对一货币上的看跌和看涨期权所组成证券组合的长头寸来进行 Delta 对冲。以下哪种情况对冲的效果会最好？

a. 一个基本稳定的即期汇率。

b. 一个变动剧烈的即期汇率。

17.14 一家金融机构持有由看跌看涨期权所组成的证券组合的短头寸，请重复练习题 17.13 的分析。

17.15 一家金融机构刚刚卖出一个关于日元 6 个月期限的欧式看涨期权。假设即期汇率为每日元 0.81 美分，美国的无风险利率为年率 8%，日本的无风险利率为年率 5%，日元汇率的波动率为 15%，计算金融机构头寸的 Delta、Gamma、Vega、Theta 及 Rho。

17.16 在什么情况下只需要在组合中加入一个其他欧式期权就可使得一个关于股指的欧式期权同时 Gamma 及 Vega 中性。

17.17 某基金公司经理拥有一个风险分散较好的证券组合，该证券组合的收益反映了 S&P 500 股指收益，这一证券组合价值为 3 600 万美元，S&P 500 的价格为 1 200。证券组合经理打算购买保险，以便使得在今后

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

6个月证券组合价值下跌不超过5%。无风险利率为年率6%，证券组合及S&P 500的股息收益率均为3%，S&P 500股指波动率为30%。

a. 如果基金经理买入交易所内交易的看跌期权，他所付的保险费为多少？
b. 请仔细解释涉及交易所内交易期权的其他交易策略，并说明这些交易策略将如何取得相同的结果。
c. 如果基金经理决定将证券组合的一部分投放于无风险证券，最初的头寸应该为多少？
d. 如果基金经理决定采用9个月期的指数期货，最初的头寸应该为多少？

17.18 假定证券组合的β为1.5，重复练习题17.17。假定证券组合股息收益率为年率4%。

17.19 对于以下情景代入相应表达式，证明式(17-4)仍然成立：

a. 无股息股票的欧式看涨期权。
b. 无股息股票的欧式看跌期权。
c. 无股息股票的欧式看涨看跌期权的组合。

17.20 假定我们要为价值为700亿美元的股权资产做出保险计划。假定这一保险将保证在1年内，股权资产价格下跌不会超过5%，做出你认为需要的估计，并采用DerivaGem软件计算如果在一天之内市场下跌23%时，该股权资产组合保险的管理人应出售股票及期货合约的价值为多少？

17.21 一个股指远期的Delta是否与同一股指期货的Delta相等？请解释。

17.22 某银行持有的美元/欧元汇率期权的Delta为30 000，Gamma为－80 000。请说明如何解释这些数字！汇率为0.90美元/欧元(每欧元所对应的美元数量为0.90)，为了使得头寸为Delta中性，你应该进行什么样的交易？在一短暂时间后，汇率变化为0.93，请估计新的Delta。这时为了保证Delta中性，你还要再进行什么样的交易？假定银行在最初设定了Delta中性头寸，在汇率变动后，这一头寸是会亏损还是会盈利？

作业题

17.23 考虑一个1年期的股票欧式看涨期权，股票价格为30美元，行使价格为30美元，无风险利率为年率5%。波动率为年率25%。采用DervaGem来计算期权的价格、Delta、Gamma、Vega、Theta及Rho。通过将价格改变为30.1美元，并计算期权价格来验证Delta的正确性；通过计算期权在股票价位为30.1美元时的Delta来计算Gamma，并由此来验证Gamma的正确性，进行类似的计算来验证Vega、Theta及Rho的正确性。采用DerivaGem软件画出期权价格、Delta、Gamma、Vega、Theta及Rho与股票价格的关系图。

17.24 某金融机构持有以下关于英镑场外期权头寸交易组合(见表17-7)。

表 17-7

期权类型	头寸	期权 Delta	期权 Gamma	期权 Vega
看涨	－1 000	0.50	2.2	1.8
看涨	－500	0.80	0.6	0.2
看跌	－2 000	－0.40	1.3	0.7
看涨	－500	0.70	1.8	1.4

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

某交易所交易期权的 Delta 为 0.6，Gamma 为 1.5，Vega 为 0.8，

a. 什么样的交易所内交易期权头寸会使交易组合为 Gamma 及 Delta 中性？

b. 什么样的交易所内交易期权头寸会使交易组合为 Vega 及 Delta 中性？

17.25 考虑作业题 17.24 中的情景，假定第 2 个交易所交易期权的 Delta 为 0.1，Gamma 为 0.5，Vega 为 0.6，进行什么样的交易可使得交易组合 Delta、Gamma 及 Vega 均为中性？

17.26 某银行提供的存款产品中向投资者保证 6 个月期限内收益为 0 与市场指数收益的 40% 的最大值。某投资者决定将 100 000 美元投资于这种产品，请将该产品收益描述为关于指数的期权。假定无风险利率为年率 8%，指数股息收益率为年率 3%，指数波动率为年率 25%，这一产品对于投资者而言合理吗？

17.27 利用 DeriveGem 软件验证 17.1 节中的期权满足式(17-4)[注意：DeriveGem 所计算的结果为每公历日，式(17-4)的 Theta 对应于每年)]。

17.28 利用 DeriveGem 的“应用工具”(Application Builder)功能来重新生成表 17-2(注意：在表 17-2 中，期权头寸已被近似到最近的 100 股)。计算期权头寸每周的 Gamma 及 Theta。计算头寸每天的价值变化，并检验式(17-3)是否近似成立[注意：DerivaGem 所计算的结果为每公历日，而式(17-3)中的 Theta 对应于每年]。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 18

第 18 章

实际应用的二叉树

在第13章、第15章和第16章中我们已经看到，布莱克－斯科尔斯－莫顿模型及其推广可以用于标的资产为股票、股指、货币及期货等欧式看涨与看跌期权的定价。对于美式期权，我们可以采用二叉树方法来定价。与第12章相比，本章将更详细地讨论二叉树模型在实际中的应用，尤其是将讨论如何将二叉树应用于不同标的资产的美式期权定价。这里的标的资产可能是支付股息股票的资产。同时也要讨论如何计算在第17章中所引入的希腊值。我们可以采用 DerivaGem 软件进行计算，也可以采用 DerivaGem 软件来展示计算中所采用的树形结构。

18.1 无股息股票的二叉树模型[㊀]

考克斯、罗斯及鲁宾斯坦首先提出了由二叉树来对美式期权定价。[㊁]考虑一个无股息股票上期权的定价问题。我们首先将期权的期限分成许多很小的时间区间，每个长度为 Δt。假定在每一个时间段里股票价格从开始的 S 变为两个新价格 Su 和 Sd 中的一个。这一模型如图 18-1 所示。通常来讲，$u>1$，$d<1$。因此，S 到 Su 的变化被称为价格上涨变化，S 到 Sd 的变化被称为价格下跌变化。上涨变化的概率为 p，价格下跌变化的概率被记为 $1-p$。

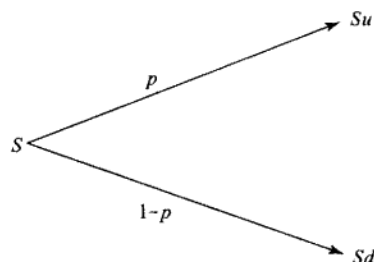


图 18-1 在二叉树模型中 Δt 时间内股票价格的变化

㊀ 二叉树模型是二项式模型(binomial model)假设下描述资产变化的树型结构。——译者注

㊁ 见 J. C. Cox, S. A. Ross, and M. Rubinstein, "Option Pricing: A Simplified Approach," *Journal of Financial Ecouomics*, 7(October 1979), 229-64。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

18.1.1 风险中性定价

在第 12 章和第 13 章中所讨论的风险中性定价中说明，任意与股票价格有关的衍生品都可以在风险中性世界中定价。这意味着对于期权定价(或其他衍生产品)，我们可以假定：

- 所有交易证券的期望收益率均为无风险利率。
- 对将来现金流的定价可以通过以无风险利率来对将来预期的现金流进行贴现而实现。

在利用二叉树时，我们将会用到这个结果。

18.1.2 p、u 及 d 的确定

这里的二叉树是为了描述股票价格在风险中性世界的变化。参数 p、u 及 d 的选择应保证在风险中性世界中的任意时间内股票价格变化的期望值与方差都给出正确值。股票的期望收益率为无风险利率 r，因此在每个时间间隔 Δt 末，股票的期望值为 $Se^{r\Delta t}$，其中，S 为股票在时间段开始时的价格。为了保证二叉树与股票期望值吻合，我们有

$$Se^{r\Delta t}=pSu+(1-p)Sd \tag{18-1}$$

即

$$e^{r\Delta t}=pu+(1-p)d \tag{18-2}$$

如第 13.1 节所示，股票价格收益率 R 在一个微小时间段 Δt 的标准差为 $\sigma^2\Delta t$，其中 σ 为波动率。因为一个变量加上一个常数后，方差不会改变，因此 $\sigma^2\Delta t$ 也是 $1+R$ 的方差。一个变量 Q 的方差等于 $E[Q^2]-[E(Q)]^2$，其中 E 代表期望值。$1+R$ 等于 u 的概率为 p，等于 d 的概率为 $1-p$。因此

$$\sigma^2\Delta t=pu^2+(1-p)d^2-[pu+(1-p)d]^2 \tag{18-3}$$

式(18-2)及式(18-3)给出了决定 p、u 及 d 的两个条件，考克斯、罗斯及鲁宾斯坦选取的第三个条件为

$$u=\frac{1}{d}$$

当 Δt 很小时，式(18-2)、式(18-3)及上式的解为

$$p=\frac{a-d}{u-d} \tag{18-4}$$

$$u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \tag{18-5}$$

$$d=e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \tag{18-6}$$

其中

$$a=e^{r\Delta t} \tag{18-7}$$

变量 a 有时被称为**增长因子**(growth factor)。注意，式(18-4)至式(18-7)与第 12 章的式(12-11)至式(12-14)是相同的。

18.1.3 股票价格的树形结构

图 18-2 展示了股票价格的二叉树树形结构。在时间 0，股票价格 S_0 为已知；在时刻 Δt，股票价格有两种可能值：S_0u，S_0d；在时刻 $2\Delta t$，股票价格有三种可能值：S_0u^2，S_0，S_0d^2；依次类推。在一般情形，在时刻 $i\Delta t$，股票价格有 $i+1$ 种可能值，它们是 $S_0u^jd^{i-j}$，$j=0$，1，…，i。

注意在图 18-2 中，在每一个节点计算股票价格时，我们采用了关系式 $u=1/d$，例如，$S_0u^2d=S_0u$。还要注意，树中节点是重合的，也就是说股票价格先上涨后下跌与先下跌再上涨所得出的值是一样的。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

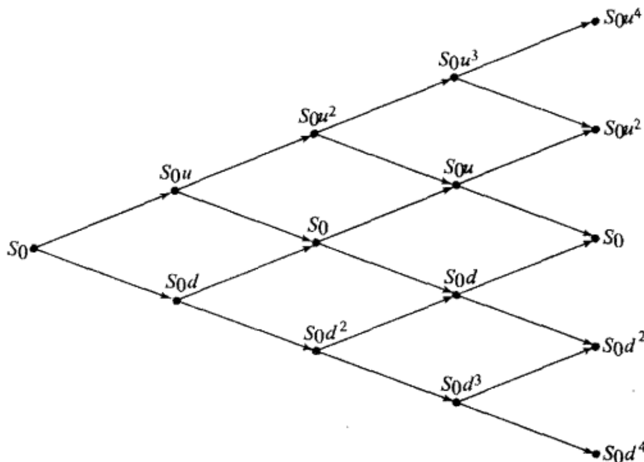


图 18-2 用于股票期权定价的二叉树

18.1.4 通过树形倒推计算

通过在时间 T(即树的末端)的期权价格倒推得出期权价格的过程被称为**倒推归纳**(backwards induction)。期权在时刻 T 的价值是已知的。例如，看跌期权的价格为 $\max(K-S_T,\ 0)$，而看涨期权的价格为 $\max(S_T-K,\ 0)$，其中 S_T 为股票在时刻 T 的价格，K 为行使价格。因为我们假定世界为风险中性，在 $T-\Delta t$ 时刻每一个节点上的期权价值可以将 T 时刻期权价值的期望值以无风险利率进行贴现来求得。类似地，在 $T-2\Delta t$ 时刻上，每一个节点上的期权价值可以将 $T-\Delta t$ 时刻期权价值的期望值以无风险利率进行贴现来求得，依次类推。如果期权为美式期权，在二叉树的每个节点上我们需要检验在这一节点行使期权是否比在下一个时间段后持有期权更有利。最后，以倒推的形式走过所有的节点，我们可以得出期权在0时刻的价格。

18.1.5 实例说明

我们可以通过一个例子将过程说明得更加清楚。考虑一个无股息股票美式看跌期权，股票的当前价格为50美元，行使价格为50美元，期限为5个月，无风险利率为每年10%，波动率为每年40%。这意味着 $S_0=50$，$K=50$，$r=0.10$，$\sigma=0.40$，$T=0.4167$。假如在构造二叉树时，我们将期权期限分为5个时间段，每段长度为1个月，因此，$\Delta t=1/12$，采用式(18-4)至式(18-7)得出

$$u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}=1.1224,\quad d=e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}=0.8909,\quad a=e^{r\Delta t}=1.0084$$

$$p=\frac{a-d}{u-d}=0.5073,\quad 1-p=0.4927$$

图18-3展示了由DerivaGem生成的二叉树。在每一个节点上有两个数值。上面的数值表示该节点所对应的股票价格；下面的数值代表节点所对应的期权价值。股价上涨的概率总是等于0.5073，股价下跌的概率总是等于0.4927。

在 $i\Delta t$ 时刻($i=0,\ 1,\ \cdots,\ 5$)，股票在第 j 节点($j=0,\ 1,\ \cdots,\ i$)上的价格为 $S_0u^jd^{i-j}$。例如，股票在节点 A($i=4$，$j=1$)(即树的第4步从下面数第2个节点)上的价格为 $50\times1.1224\times0.8909^2=39.69$ 美元。在最后面节点上，期权价格为 $\max(K-S_T,\ 0)$。例如，期权在节点G上的价格为 $50-35.36=14.64$。期权在倒数第2步上的价格可由最后节点上的价格计算得出。首先我们假定在节点上不行使期权，这意味着期权价格等于在下一步节点上价格期望值的贴现值。例如，在节点E上，期权价格的计算式为

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$(0.5073\times0+0.4927\times5.45)e^{-0.10\times1/12}=2.66$$

在节点 A 上，期权价格的计算式为

$$(0.5073\times5.45+0.4927\times14.64)e^{-0.10\times1/12}=9.90$$

然后我们检验提前行使期权是否比持有期权更为有利。在节点 E 上，提前行使期权带来的收益为 0，因为股价及行使价格均为 50 美元，很显然我们应该等待，即持有期权。因此在节点 E 的期权价格为 2.66 美元。在节点 A 上，情形会有所不同。期权如在该节点行使，价格为 50 - 39.69，即 10.31 美元，这一价值大于 9.90 美元。如果股票价格到达节点 A，期权应该被行使，因此 A 点的期权价格为 10.31 美元。

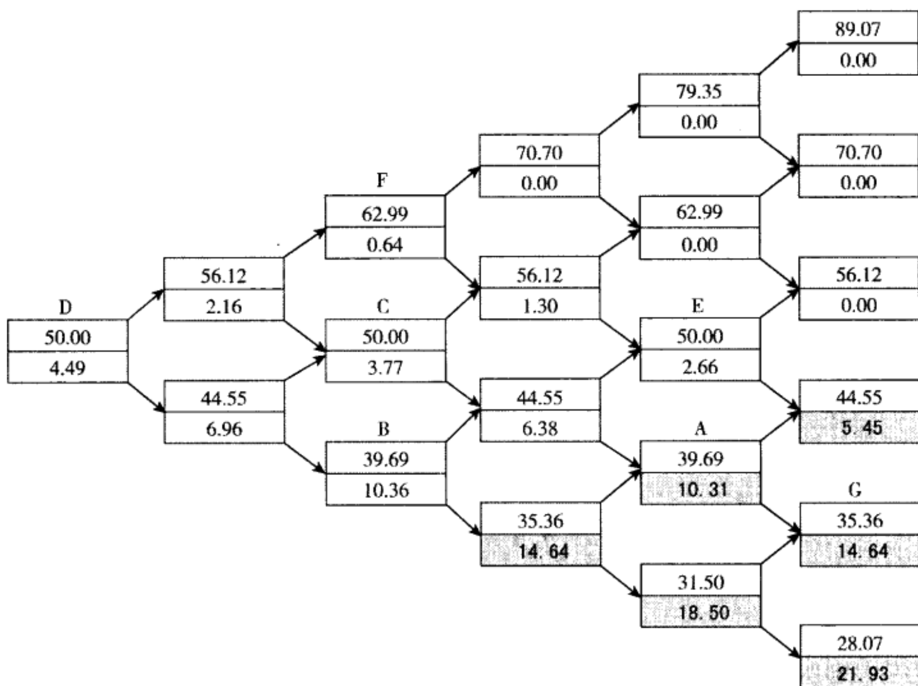


图 18-3 由 DerivaGem 生成的无股息股票看跌期权的二叉树

说明：在每个节点上，上方数值 = 标的资产价格；下方数值 = 期权价格；阴影部分表示期权已被行使；行使价格 = 50；每步的贴现因子 = 0.9917；时间步长，dt = 0.0833 年，即 30.42 天；每步的增长因子，a = 1.0084；价格上涨概率，p = 0.5073；价格上涨幅度，u = 1.1224；价格下跌幅度，d = 0.8909。

在前面节点上，期权价值也可以采用类似的方式进行计算。注意，当期权处于实值状态时，提前行使并不一定为最佳。考虑节点 B，如果期权被行使，其价格为 50 - 36.96 = 10.31 美元。但是，如果期权没有被提前行使，其价格为

$$(0.5073\times6.38+0.4927\times14.64)e^{-0.10\times1/12}=10.36\text{ 美元}$$

因此，期权在这一节点不应该被行使，该节点期权正确的价格为 10.36 美元。

从树的最后向前倒推，我们得出在初始节点上期权价格为 4.49。这一数量是对期权当前价格的估计。在实践中，我们应采用更小的时间步长 Δt 和更多的节点。DerivaGem 显示 30、50 及 100 步二叉树所得的期权价格分别为 4.263、4.272 及 4.278。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

18.1.6 二叉树的代数表达法

假定将一个无股息股票上美式看跌期权的期限分成 N 个不同的时间区间，每一区间长度为 Δt。令 $f_{i,j}$ 为期权在 (i, j) 节点上的价值，股票在 (i, j) 节点上的价格为 $S_0u^jd^{i-j}$。因为美式看跌期权在到期时的价值为 $\max(K-S_T, 0)$，因此

$$f_{N,j}=\max(K-S_0u^jd^{N-j}, 0) \qquad (j=0, 1, \cdots, N)$$

$i\Delta t$ 时刻的节点从 (i, j) 移动到 $(i+1)\Delta t$ 时刻的 $(i+1, j+1)$ 的概率为 p；移动到 $(i+1)\Delta t$ 时刻的 $(i+1, j)$ 节点的概率为 $1-p$。假定期权没有被提前行使，由风险中性定价原理，对于 $0\leqslant i\leqslant N-1$ 及 $0\leqslant j\leqslant i$，我们有

$$f_{i,j}=\mathrm{e}^{-r\Delta t}[pf_{i+1,j+1}+(1-p)f_{i+1,j}]$$

考虑提前行使期权时，式中的 $f_{i,j}$ 必须同期权的内涵价值进行比较，因此我们得出

$$f_{i,j}=\max\{K-S_0u^jd^{i-j}, \mathrm{e}^{-r\Delta t}[pf_{i+1,j+1}+(1-p)f_{i+1,j}]\}$$

注意，由于定价计算从 T 时刻开始并以倒推形式进行，所以在 $i\Delta t$ 时刻的期权价值不仅反映了在 $i\Delta t$ 时刻提前行使期权的可能性对于期权价值的影响，而且这一价值也反映了将来时刻提前行使期权对于期权价值的影响。当 Δt 趋向于 0 时，我们可以取得美式期权的真实价值，在实践中，当 $N=30$ 时，树形结构通常会给出一个合理的价格。图 18-4 显示了我们所考虑期权价格的收敛性。这一图形是由 DerivaGem 软件的应用工具计算得出的。

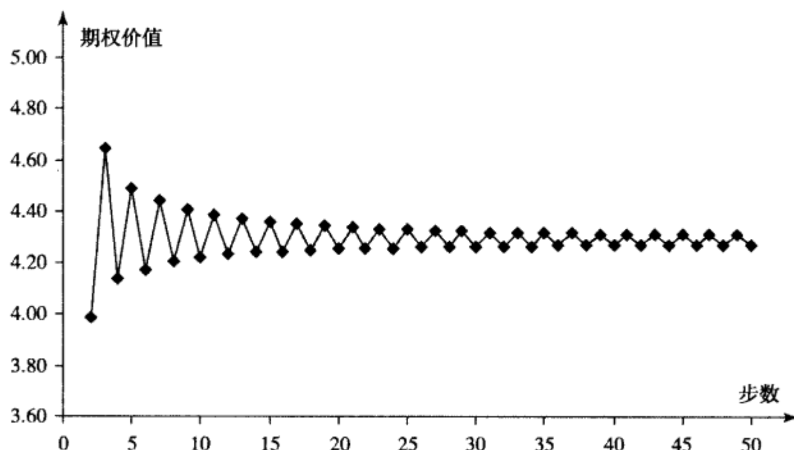


图 18-4 由二叉树所得期权价格的收敛性

18.1.7 估计 Delta 及其他希腊值

回顾以前的定义，期权的 Δ 为期权价格变化与标的股票价格变化的比率，即

$$\frac{\Delta f}{\Delta S}$$

式中，ΔS 为股票价格的微小变化，Δf 为相应期权价格的微小变化。在 Δt 时刻，当股票价格为 S_0u 时，期权价格估计值为 $f_{1,1}$；当股票价格为 S_0d 时，期权价格的估计值为 $f_{1,0}$。换句话讲，当 $\Delta S=S_0u-S_0d$ 时，我们有 $\Delta f=f_{1,1}-f_{1,0}$，因此在 Δt 的 Δ 的近似值为

$$\Delta=\frac{f_{1,1}-f_{1,0}}{S_0u-S_0d} \tag{18-8}$$

为了估计 Gamma(Γ)，我们注意到在 $2\Delta t$ 时刻有两个 Δ 的估计。当股票价格为 $(S_0u^2+S_0)/2$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

时($2\Delta t$ 时刻的第 2 个与第 3 个节点的中间值)，Δ 为$(f_{2,2}-f_{2,1})/(S_0u^2-S_0)$；当股票价格为$(S_0+S_0d^2)/2$ 时($2\Delta t$ 时刻的第 1 个与第 2 个节点的中间值)，Δ 为$(f_{2,1}-f_{2,0})/(S_0-S_0d^2)$。两个股票价格的差为 h，其中

$$h=0.5(S_0u^2-S_0d^2)$$

Gamma 为 Delta 的变化除以 h，即

$$\Gamma=\frac{[(f_{2,2}-f_{2,1})/(S_0u^2-S_0)]-[(f_{2,1}-f_{2,0})/(S_0-S_0d^2)]}{h} \tag{18-9}$$

这些计算给出了在 Δt 时刻 Delta 估计值和 $2\Delta t$ 时刻 Gamma 的估计值。在实践中，这些估计值也被用来作为在 0 时刻 Delta 及 Gamma 的估计。⊖

从二叉树中可以进一步直接估计的对冲参数为 Theta(Θ)，这一参数代表在其他条件不变时期权价格变化与时间变化的比率。Theta 的近似值为

$$\Theta=\frac{f_{2,1}-f_{0,0}}{2\Delta t} \tag{18-10}$$

Vega 的计算可以从对波动率作微小变化而得出。当 σ 当变动量为 $\Delta\sigma$ 时，我们可以重新构造二叉树(Δt 应该不变)，并对期权重新定价。Vega 的估计值为

$$\mathcal{V}=\frac{f^*-f}{\Delta\sigma}$$

式中，f 及 f^* 分别为由最初的二叉树和重建的二叉树得出的期权价值。我们也可以采用类似的方法来计算 Rho。

作为对计算过程的说明，考虑图 18-3 所示的二叉树。这时 $f_{1,0}=6.96$ 及 $f_{1,1}=2.16$。式(18-8)给出的 Delta 估计值为

$$\frac{2.16-6.96}{56.12-44.55}=-0.41$$

利用式(18-9)，我们可以由在节点 B、C 及 F 的期权价值来估算期权的 Gamma

$$\frac{[(0.64-3.77)/(62.99-50.00)]-[(3.77-10.36)/(50.00-39.69)]}{11.65}=0.03$$

利用式(18-10)，可以由在节点 D 及 C 的期权价值来估算期权的 Theta 为每年

$$\frac{3.77-4.49}{0.1667}=-4.3$$

即每公历日为 -0.012。当然，这些结果只是粗略的估计。当采用更小的时间步长时，结果会逐渐变得更精确。采用 50 步二叉树时，DerivaGem 给出的 Delta、Gamma 及 Theta 的结果分别为 -0.414、0.033 及 -0.0117。

18.2 采用二叉树来对股指、货币及期货期权定价

如 12.9 节及 15.3 节所述，我们对无股息股票上期权定价的二叉树稍做修改后即可用于对股息收益率为 q 的股票上美式看涨及看跌期权来定价。

因为股息收益率为 q，在风险中性世界，股票价格本身提供的收益率为 $r-q$。因此，式(18-1)变为

$$Se^{(r-q)\Delta t}=pSu+(1-p)Sd$$

即

⊖ 如果我们要计算更精确的 Delta 及 Gamma，我们可以建立在 $-2\Delta t$ 开始的二叉树，并假定在那一刻股票价格为 S_0。对应于 0 时刻，我们也因此得出三个对应于不同股价的期权价格。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$e^{(r-q)\Delta t}=pu+(1-p)d$$

参数 p、u 及 d 必须满足该式及式(18-3)。式(18-4)、式(18-5)和式(18-6)仍然成立，但这时

$$a=e^{(r-q)\Delta t} \tag{18-11}$$

因此利用新的 a 值，我们可以采用与以前一模一样的做法来使用二叉树。

在第 15 章及第 16 章中，我们曾指出股指、外汇及期货在期权定价过程中可以当做支付连续股息的股票。对于股指而言，收益率就是股指中股票组合的收益率；对于外汇而言，收益率等于外币无风险利率；对于期货合约而言，收益率等于无风险利率。例 18-1 及例 18-2 说明了这一点。

【例 18-1】 股指与期货期权的二叉树

考虑一个 4 个月期的股指期货的美式看涨期权，期货的当前价格为 300，无风险利率为每年 8%，股指的波动率为每年 30%。为了构造二叉树，我们将期权期限分成 4 个时间段，每个时间段为 1 个月。这时，$F_0=300$，$K=300$，$r=0.08$，$\sigma=0.3$，$T=4/12$，$\Delta t=1/12$。因为期货价格可被当成一个连续股息收益率为 r 的股票，在式(18-11)中 $q=r$。因此 $a=1$，其他构造二叉树的参数分别为

$$u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}=1.0905,\ d=\frac{1}{u}=0.9170,\ p=\frac{a-d}{u-d}=0.4784,\ 1-p=0.5216$$

二叉树如下图所示。期权的估计值为 19.16。当采用更多的步数时，我们可以取得更高的精度。例如，当采用 50 步二叉树时，DerivaGem 得出的期权价格为 20.18；当采用 100 步二叉树时，DerivaGem 得出的期权价格为 20.22。

DerivaGem 输出值

在每个节点上：

上方数值 = 标的资产价格

下方数值 = 期权价格

阴影部分表示期权已被行使

行使价格 = 300

每步的贴现因子 = 0.993 4

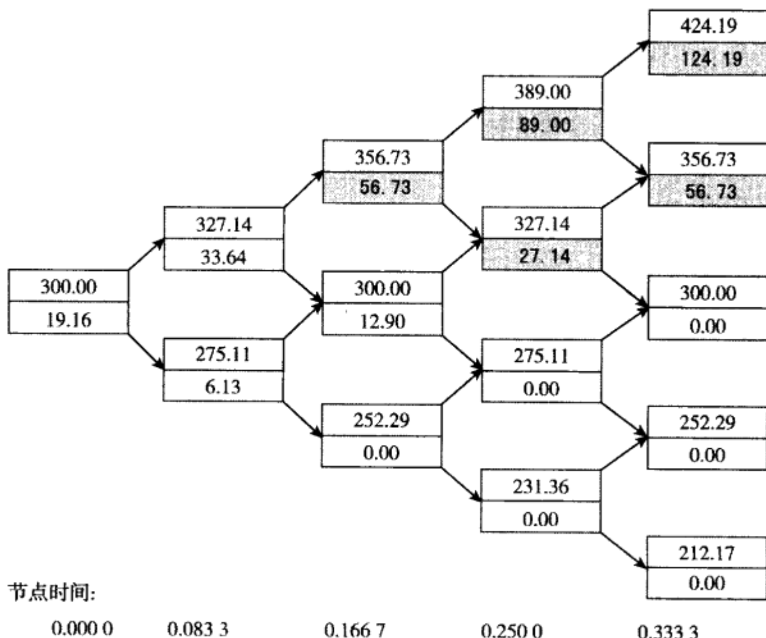
时间步长，dt = 0.083 3 年，即 30.42 天

每步的增长因子，a = 1.000 0

价格上涨概率，p = 0.478 4

价格上涨幅度，u = 1.090 5

价格下跌幅度，d = 0.917 0



全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

【例 18-2】 外汇期权的二叉树

考虑一个 1 年期关于英镑的美式看跌期权。当前汇率为 1.61，行使价格为 1.60，美元无风险利率为每年 8%，英镑无风险利率为每年 9%，英镑波动率为每年 12%，这时，$S_0=1.61$，$K=1.60$，$r=0.08$，$r_f=0.09$，$\sigma=0.12$，$T=1.0$。为了构造二叉树，我们将期权期限分成 4 个时间段，每个时间段为 3 个月，因此 $\Delta t=0.25$，这时 $q=r_f$，由式(18-11)得出

$$a=e^{(0.08-0.09)\times 0.25}=0.9975$$

构造二叉树所用的其他参数分别为

$$u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}=1.0618,\quad d=\frac{1}{u}=0.9418$$

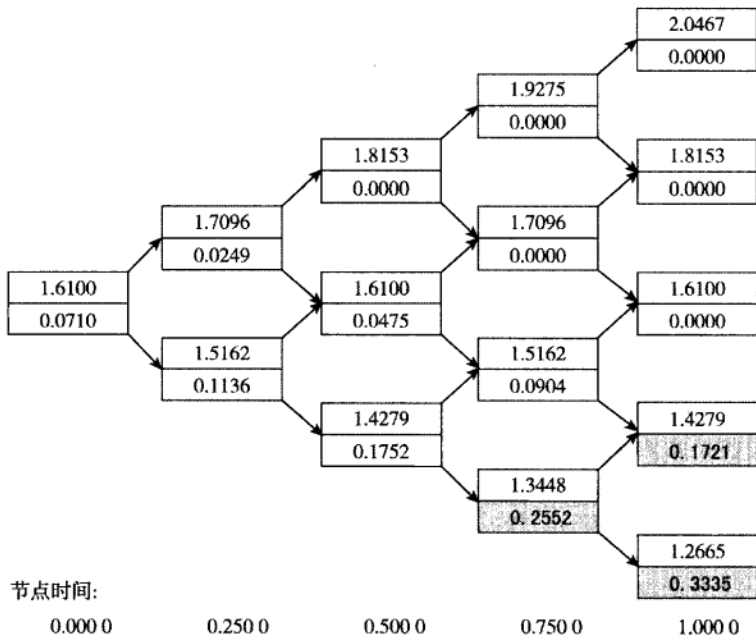
$$p=\frac{a-d}{u-d}=0.4642,\quad 1-p=0.5358$$

期权估计值为 0.071 0 美元。采用 50 步二叉树，DerivaGem 计算的期权价格为 0.073 8；采用 100 步二叉树，DerivaGem 计算的期权价格为 0.073 8。

DerivaGem 输出值

在每个节点上：
上方数值 = 标的资产价格
下方数值 = 期权价格
阴影部分表示期权已被行使

行使价格 = 1.6
每步的贴现因子 = 0.980 2
时间步长，$dt=0.2500$ 年，即 91.25 天
每步的增长因子，$a=0.9975$
价格上涨概率，$p=0.4642$
价格上涨幅度，$u=1.0618$
价格下跌幅度，$d=0.9418$



18.3 支付股息的股票的二叉树模型

我们现在考虑一个较为复杂的问题，即如何用二叉树来对支付离散股息的股票期权进行定价。正如在第 13 章指出的那样，“股息”是指在除息日由于股息导致股票价格下跌的数量。

18.3.1 已知股息收益率的情形

假定在未来某一给定时刻股票支付的股息等于那一时刻股票价格的一个比例 δ。二叉树的形

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

状如图 18-5 所示，这时的分析方式同以上刚刚描述的方法类似。如果 $i\Delta t$ 在除息日之前，其相应节点上的股票价格为

$$S_0u^jd^{i-j} \qquad (j=0,\ 1,\ \cdots,\ i)$$

如果 $i\Delta t$ 在除息日之后，那么相应节点上的股票价格为

$$S_0(1-\delta)u^jd^{i-j}(j=0,\ 1,\ \cdots,\ i)$$

我们可以采用同样的办法来处理在期权有效期内有多个已知股息的情形，如果 δ_i 为 0 时刻到 $i\Delta t$ 时刻之间的所有除息日的总股息收益率，那么 $i\Delta t$ 时刻节点上的股票价格为

$$S_0(1-\delta_i)u^jd^{i-j}$$

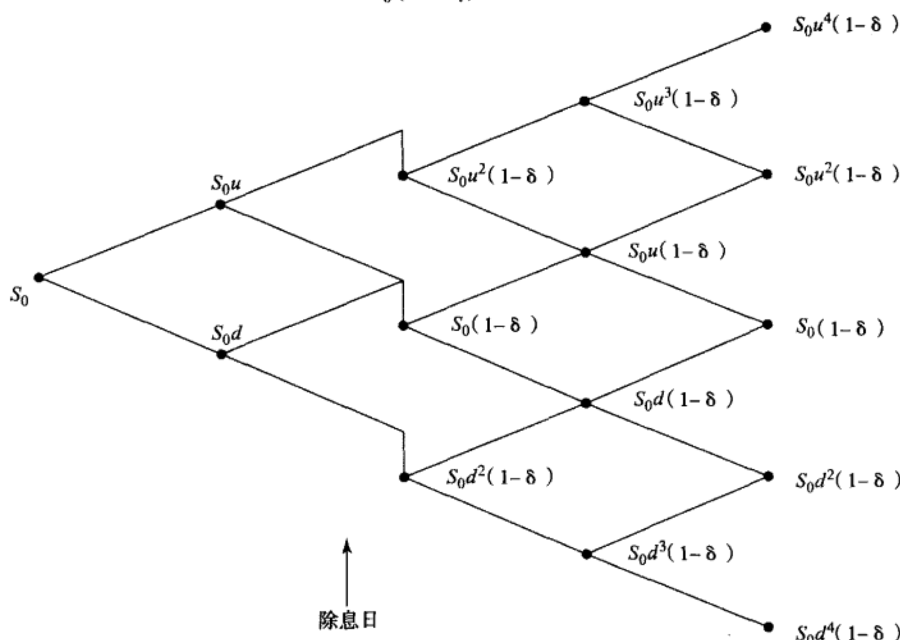


图 18-5 当在某指定时刻支付一定股息收益率的股票的二叉树

18.3.2 已知股息数量的情形

在某些情形下，对于股息更为合理的假设是已知股息支付的数量而不是股息收益率。假设股票波动率 σ 为常数，二叉树的形状如图 18-6 所示。这时树将不再重合，这意味着如果股票多次支付股息的话，所要估算的节点数量可能会变得很大。假设只有一次股息，而且除息日介于 $k\Delta t$ 与 $(k+1)\Delta t$ 之间，股息数量为 D。当 $i\leqslant k$ 时，在 $i\Delta t$ 时刻上的节点股票价格为

$$S_0u^jd^{i-j} \qquad (j=0,\ 1,\ 2,\ \cdots,\ i)$$

这与以前所述的股价相同。

当 $i=k+1$ 时，在 $i\Delta t$ 时刻上的节点的股票价格为

$$S_0u^jd^{i-j}-D \qquad (j=0,\ 1,\ 2,\ \cdots,\ i)$$

当 $i=k+2$ 时，在 $i\Delta t$ 时刻上的节点的股票价格为

$$(S_0u^jd^{i-1-j}-D)u \quad 及 \quad (S_0u^jd^{i-1-j}-D)d$$

式中，$j=0,\ 1,\ 2,\ \cdots,\ i-1$。因此，在 $i\Delta t$ 时刻上总共有 $2i$ 个，而不是 $i+1$ 个节点。当 $i=k+m$ 时，在 $i\Delta t$ 时刻上总共有 $m(k+2)$ 个节点，而不是 $k+m+1$ 个节点。

对这一问题我们可以像在第 13 章中对欧式期权的分析那样来简化。股票价格含有两个部分：一部分不确定，另一部分为期权有效期内股息的贴现值。像以前那样，假定在期权有效期内只有

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

一个除息日 τ，并且 $k\Delta t \leqslant \tau \leqslant (k+1)\Delta t$。在 $i\Delta t$ 时刻，股票的不确定部分价格 S^* 为

$$\text{当 } i\Delta t > \tau \text{ 时，} S^* = S$$

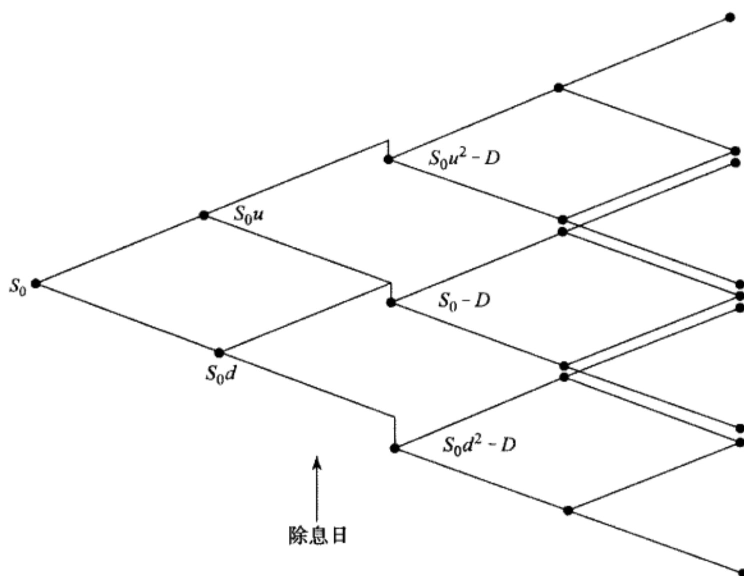


图 18-6 当假设已知股息数量并且假设波动率为常数的股票的二叉树

及

$$\text{当 } i\Delta t \leqslant \tau \text{ 时，} S^* = S - De^{-r(\tau - i\Delta t)}$$

式中，D 为股息。令 σ^* 为 S^* 的波动率，假设其为常数。[⊖] 参数 p、u 及 d 可由式(18-4)、式(18-5)、式(18-6)及式(18-7)来计算(用 σ^* 替代 σ)。这样我们可以采取通常的办法来构造模拟 S^* 的二叉树。在每个节点上把将来股息(如果有的话)的贴现值加回到股票价格上，我们可以将二叉树转化成模拟原股票价格 S 的二叉树。假定 S_0^* 为 S^* 在初始时的价格，在 $i\Delta t$ 时刻，如果 $i\Delta t < \tau$，股票价格为

$$S_0^* u^j d^{i-j} + De^{-r(\tau - i\Delta t)} \quad (j = 0, 1, \cdots, i)$$

如果 $i\Delta t > \tau$，股票价格为

$$S_0^* u^j d^{i-j} \quad (j = 0, 1, \cdots, i)$$

这种方法的优点与第 13.9 节欧式期权定价方法一致，而且该方法成功地将二叉树变成了重合状态，即在 $i\Delta t$ 时刻只有 $i+1$ 个节点。我们可以把这种方法推广到多次股息的情形。例 18-3 描述了如何使用这一方法。

【例 18-3】 支付股息股票期权的二叉树

考虑一个期限为 5 个月的股票看跌期权，预计在期权有效期内股票将支付 2.06 美元股息。股票初始价格为 52 美元，行使价格为 50 美元，无风险利率为每年 10%，波动率为每年 40%，股票除息日在 3.5 个月后。

我们首先构造关于 S^* 的二叉树，这里 S^* 等于原股票价格减去期权有效期内未来股息的贴现值。股息的贴现值为

$$2.06e^{-0.1 \times 3.5/12} = 2.00$$

因此，S^* 的初始值为 50。假定 S^* 的波动率为每年 40%。图 18-3 给出了 S^* 的二叉树(S^* 的初始值与波动率与构成图 18-3 的股票价格的

⊖ 从理论上讲，σ^* 会稍微小于股票 S 波动率 σ。在实践中，从业人员通常不对这两个波动率进行区分。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

初始值及波动率相同)。在每个节点上加上股息的现值就可以得出关于股票价格 S 的二叉树，如下图所示。与图 18-3 一样，树上每个节点上涨的概率为 0.5076，下跌的概率为 0.4924。按通常的方式在二叉树上向后反推，即可得出期权价格，即 4.44 美元(50 步为 4.202，100 步为 4.212)。

DerivaGem 的输出结果

在每个节点上：

上方数值 = 标的资产价格

下方数值 = 期权价格

阴影部分表示期权已被行使

行使价格 = 50

每步的贴现因子 = 0.9917

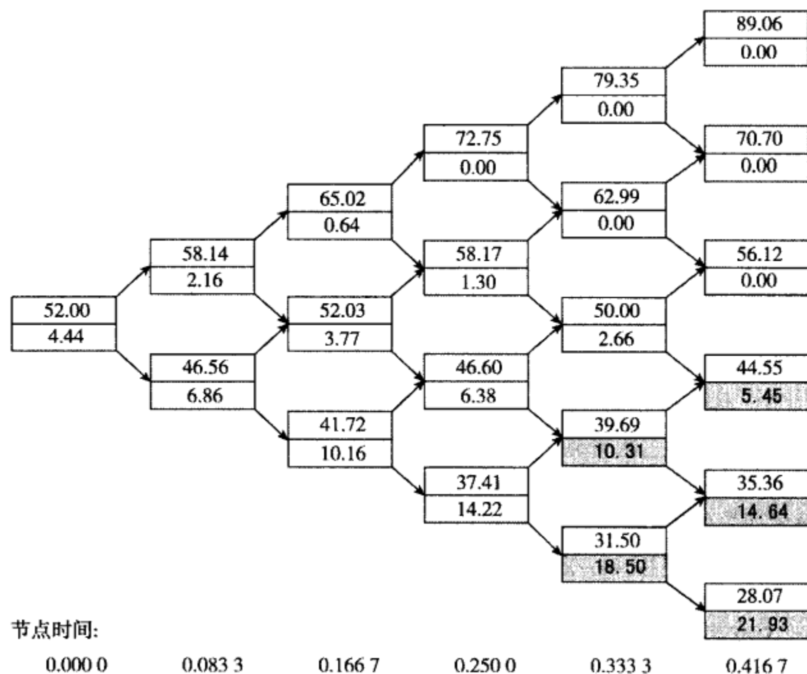
时间步长，dt = 0.0833 年，即 30.42 天

每步的增长因子，a = 1.0084

价格上涨概率，p = 0.5073

价格上涨幅度，u = 1.1224

价格下跌幅度，d = 0.8909



18.4 基本二叉树方法的推广

接下来将介绍两种关于二叉树的推广。

18.4.1 利率与时间有关的情形

到目前为止，我们一直假定利率为常数。但是如果利率的期限结构呈急剧上涨或下跌状态，对于美式期权定价时仍然假定利率为常数，那么计算结果可能不会令人满意。这时更为合理的假设是在将来某 Δt 时间段的利率等于这一时间段的远期利率，即在时间 t 的节点上设定

$$a = e^{f(t)\Delta t} \tag{18-12}$$

式中，$f(t)$ 为介于 t 与 $t+\Delta t$ 的远期利率。因为 u 和 d 与 a 无关，所以这一假设并不改变二叉树的形状。从时刻 t 节点上生出树杈的概率同以前一样，[⊖]即

⊖ 对于足够大时间步数，这些概率永远为正。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$p=\frac{a-d}{u-d} \quad 及 \quad 1-p=\frac{u-a}{u-d}$$

二叉树方法中的其他步骤和前面介绍的一样，唯一不同之处是从 $t+\Delta t$ 到 t 的贴现利率为 $f(t)$。对于股指期权、外汇期权及期货期权的基本二叉树我们也可以做出类似的改进。在这些应用中，股指的连续收益率或外币无风险利率可以是时间的函数，其处理方式与前面类似。

18.4.2 控制变量技术

在对美式期权定价时，我们可以采用一种被称为**控制变量技术**(control variate technique)的方法，[⊖]这一方法包括用所建立的同一个树来计算美式期权价值 f_A 及其相应的欧式期权价格 f_E。我们同时也采用布莱克－斯科尔斯模型来计算欧式期权价格 f_{BS}。假设由树形得出的欧式期权误差与树形所得出的美式期权误差是相同的。因此，美式期权的估计值为 $f_A+f_{BS}-f_E$。

为了说明这一方法，我们利用图 18-7 来对图 18-3 中的例子进行定价。在欧式期权的假设下，图 18-3 所得价格为 4.32 美元。由布莱克－斯科尔斯模型计算出的欧式期权的真实价格为 4.08 美元，图 18-3 给出美式期权的估计值为 4.49 美元，因此由控制变量技巧估计的美式期权价格为 4.49 + 4.08 − 4.32 = 4.25。

采用 100 步二叉树可以得出对美式期权一个比较好的估计值为 4.278。因此在这一例子中，控制变量技巧所得的结果比二叉树的估计值(即 4.49)的精度确实有了显著提高。这一技巧实际上是采用树形来计算欧式与美式期权的差值，而非美式期权本身的价格。

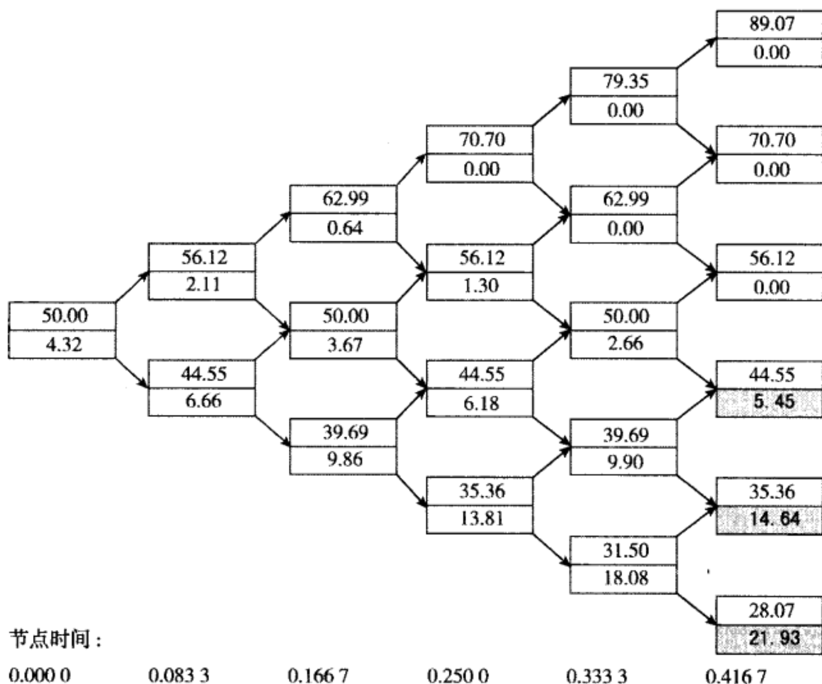


图 18-7 由 DerivaGem 生成的图 18-3 所示的欧式期权的树形结构

说明：在每个节点上，上方数值 = 标的资产价格；下方数值 = 期权价格；阴影部分表示期权已被行使；行使价格 = 50；每步的贴现因子 = 0.991 7；时间步长，dt = 0.083 3 年，即 30.42 天；每步的增长因子，a = 1.008 4；价格上涨概率，p = 0.507 3；价格上涨幅度，u = 1.122 4；价格下跌幅度，d = 0.890 9。

⊖ 见 J. C. Hull and A. White, "The Use of the Control Variate Technique in Option Pricing", *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 23 (September 1988): 237-51。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

18.5 构造树形的其他方法

CRR 的方法并不是构造二叉树的唯一方法。我们可以令 $p=0.5$ 来代替式(18-2)和式(18-3)中 $u=1/d$ 这一假设。对于微小的 Δt，我们可以得出

$$u=e^{(r-\sigma^2/2)\Delta t+\sigma\sqrt{\Delta t}},\quad d=e^{(r-\sigma^2/2)\Delta t-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

当股票支付连续股息率 q 时，变量 r 被 $r-q$ 代替。用这种方法我们可以采用 $p=0.5$ 来构造股指、外汇及期货期权定价的二叉树。这些过程如例 18-4 所示。

【例 18-4】 二叉树的其他构造方式

一个 9 个月期限的加元汇率美式期权的行使价格为 0.7950。当前的汇率为 0.7900，美国的无风险利率为每年 6%，加拿大的无风险利率为每年 10%，汇率的波动率为 4%，这时 $S_0=0.79$，$K=0.795$，$r=0.06$，$r_f=0.10$，$\sigma=0.04$，$T=0.75$。我们将期权期限分成 3 个时间段，每个时间段为 3 个月，因此 $\Delta t=0.25$。令二叉树上每个分支的概率为 0.5，以及

$$u=e^{(0.06-0.10-0.0016/2)\times0.25+0.04\sqrt{0.25}}=1.0098$$

$$u=e^{(0.06-0.10-0.0016/2)\times0.25-0.04\sqrt{0.25}}=0.9703$$

汇率二叉树如下图所示。由该二叉树得出的期权价格为 0.0026。

在每个节点上：

上方数值 = 标的资产价格

下方数值 = 期权价格

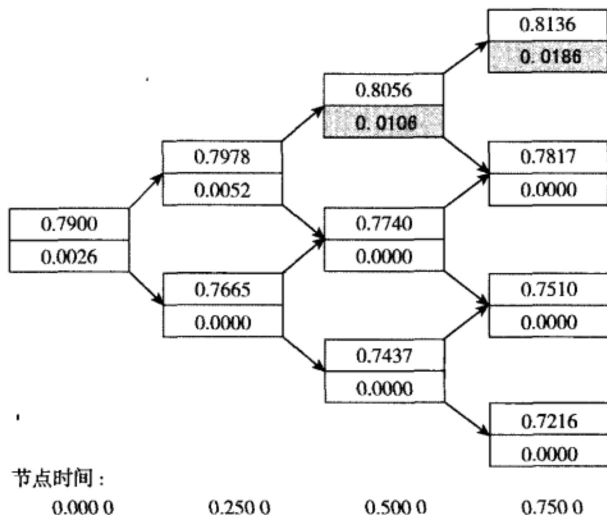
阴影部分表示期权已被行使

行使价格 = 0.795

每步的贴现因子 = 0.9851

时间步长，$dt=0.2500$ 年，91.25 天

上升变动概率 $P=0.5000$



同 CRR 方法相比，这一方法的优点在于无论 σ 和时间步长如何改变，分支概率总是 0.5。[⊖] 但这一方法所得出的 Delta、Gamma 及 Theta 不如 CRR 方法准确，因为标的资产在 Δt 与 $2\Delta t$ 时刻不再以 S_0 为中心。

⊖ 在某些时间步长较大而使得 $\sigma<|(r-q)\sqrt{\Delta t}|$ 的非常情形，CRR 所给出的二叉树概率为负。但这里所描述的另外一种构造二叉树的方法就没有这一缺陷。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

18.6 蒙特卡罗模拟法

二叉树可以与**蒙特卡罗模拟法**(Monte Carlo simulation)并用来对衍生产品定价。在建立树形之后，我们可以在树的路径上进行抽样。与其从树的最后一步开始倒推，我们可以在树上向前移动。基本过程如下：在第一个节点，我们在 0 与 1 之间进行随机抽样，如果随机数介于 0 与 p 之间，我们选择向上的分支；如果随机数介于 p 与 1 之间，我们选择向下的分支。我们在每一个到达的节点都重复这一过程，直到到达树的最后一步。我们可以在抽样路径上计算期权收益，这样就完成了一次路径抽样。我们可以进行多次这样的抽样过程，所要估计的期权价值等于所有的收益在无风险利率贴现后的算术平均值。例 18-5 介绍了这个计算的过程。

【例 18-5】 以树形结构来进行蒙特卡罗模拟

假定图 18-3 所示的树形结构被用来计算收益等于 $\max(S_{ave}-50,\ 0)$ 的期权价格，其中 S_{ave} 为今后 5 个月内股票的平均价格(股票的初始和最终价格也都被用来计算平均值)。这一期权被称为亚式期权。当进行了 10 次抽样后，一种可能的结果如以下表所示(U 代表价格上涨；D 代表价格下跌)：

抽样	路径	股票价格的平均值	期权收益
1	UUUUD	64.98	14.98
2	UUUDD	59.82	9.82
3	DDDUU	42.31	0.00
4	UUUUU	68.04	18.04
5	UUDDU	55.22	5.22
6	UDUUD	55.22	5.22
7	DDUDD	42.31	0.00
8	UUDDU	55.22	5.22
9	UUUDU	62.25	12.25
10	DDUUD	45.56	0.00
平均			7.08

期权收益等于股票平均值超出 50 美元的余额，期权价格等于贴现后的收益平均值。这时，收益平均值为 7.08 美元，无风险利率为 10%，因此期权价格为 $7.08e^{-0.1\times5/12}=6.79$(这里的讨论只是为了说明问题，在实践中，为了取得更加精确的结果，我们应采用更多的时间步数和更多次的模拟试验)。

这里描述的蒙特卡罗模拟法不能被简单地用于对美式期权定价。这是因为在每一个节点上，我们并不能判定提前行使期权是否为最优。但这一方法可以用于欧式期权，凭借这一方法我们可以检验解析公式的正确性。这种方法也可用于对第 20 章里讨论的某些特种期权来定价(例如亚式期权及回望期权)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

小 结

本章我们讨论了如何应用二叉树来对期权定价。二叉树方法的步骤包括将期权有效期分成数个长度为 Δt 的小时间段，并假定在每个时间间隔初的资产价格在时间段末会产生只有两种变化的可能，其中一个价格变化为价格上涨，另外一个价格变化为价格下跌。

价格上下变动的幅度以及相应概率的选取应保证价格变动在风险中性世界等于其真正的期望与方差。从二叉树末端开始倒推，我们可计算出期权的价格。在树的末端，期权价格等于其内涵价格。如果期权为美式期权，那么在这之前的每个节点上，期权价格都等于以下数量的极大值：

- **期权马上被行使时的价格。**
- **期权在接下一个 Δt 时间段仍被持有的价格。**

如果期权在一个节点上被提前行使，其价格将等于内涵价格；如果期权下一个时间段 Δt 内仍被持有，其价格等于在接下 Δt 时间段上的期望以无风险利率的贴现值。

Delta、Gamma 及 Theta 可由节点上所得结果来进行估计。对波动率做小幅度扰动后重新生成树形结构而再次计算期权价格，由此可以计算出期权的 Vega。将利率做一个小的变化时，我们可以类似地估计 Rho。

二叉树可用于计算支付连续股息的股票期权价格。因为股指、外汇及大多数期货可以类比为支付连续股息收益率的股票，二叉树同样也可以用来对这些标的资产上的期权进行定价。

当采用二叉树来对一个支付已知金额数的股息的股票期权定价时，用二叉树来模拟扣除所有将来股息贴现值后的股票价格会比较方便，这样做可以保持树上的节点数不会变得太多，同时这种做法与支付已知股息的欧式股票期权定价方式是一致的。

采用控制变量技巧可以改善二叉树模型的计算效率。这种方法包括应用相同的二叉树来对要分析的美式期权和相应的欧式期权来定价，并将欧式期权的误差当成对美式期权误差的一个估计。

推荐阅读

Boyle, P.P. "Options: A Monte Carlo Approach," *Journal of Financial Economics*, 4 (1977): 323–28.

Boyle, P.P., M. Broadie, and P. Glasserman. "Monte Carlo Methods for Security Pricing," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 21 (1997): 1267–1322.

Cox, J.C., S.A. Ross, and M. Rubinstein. "Option Pricing: A Simplified Approach," *Journal of Financial Economics*, 7 (October 1979): 229–64.

Figlewski, S., and B. Gao. "The Adaptive Mesh Model: A New Approach to Efficient Option Pricing," *Journal of Financial Economics*, 53 (1999), 313–51.

Hull, J.C., and A. White. "The Use of the Control Variate Technique in Option Pricing," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 23 (September 1988): 237–51.

Longstaff, F.A. and E.S. Schwartz. "Valuing American Options by Simulation: A Least Squares Approach," *Review of Financial Studies*, 14, 1 (2001): 113–47.

Rendleman, R., and B. Bartter. "Two State Option Pricing," *Journal of Finance*, 34 (1979): 1092–1110.

测验题

18.1 美式期权的希腊值 Delta、Gamma、Vega、Theta 及 Rho 中哪一个可以通过构造二叉树来估计？

18.2 一个二叉树价格向上变动的概率为（$a-$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$d)/(u-d)$，请解释对下列情形下增长因子 a 的计算方式：(a)无股息股票，(b)股指，(c)货币，(d)期货合约。

18.3 计算一个 3 个月期限的无股息股票美式看跌期权价格，股票价格为 60 美元，行使价格为 60 美元，无风险利率为每年 10%，波动率为每年 45%。在计算中请采用步长为 1 个月的二叉树模型。

18.4 解释如何利用控制变量技术。

18.5 计算一个期限为 9 个月的玉米期货上美式期权的价格。当前期货价格为 198 美分，行使价格为 200 美分，无风险利率为每年 8%，波动率为每年 30%。采用步长为 3 个月的二叉树模型。

18.6 “对于支付股息的股票，其二叉树不会重合。但从股价中减去将来股息的贴限值，其二叉树将会重合。”请解释这句话的含义。

18.7 请解释采用蒙特卡罗模拟法对于美式期权定价产生的问题。

练习题

18.8 考虑一期权，其收益等于股票价格超出在期权有效期内股票平均价格的数量，这一期权可以在二叉树上以倒推的形式来定价吗？

18.9 一个 9 个月期限、在无股息股票上的美式期权行使价格为 49 美元，股票价格为 50 美元，无风险利率为每年 5%，波动率为每年 30%，采用 3 步二叉树来计算期权价格。

18.10 采用 3 步二叉树来计算一个 9 个月期限、对于小麦期货的美式看涨期权价格。期货当前价格为 400 美分，行使价格为 420 美分，无风险利率为 6%，波动率为每年 35%。采用二叉树来估计期权的 Delta。

18.11 一个 3 个月期限、在股票上的美式看涨期权行使价格为 20 美元，股票价格为 20 美元，无风险利率为每年 3%，波动率为每年 25%，在一个半月时股票预计要发放 2 美元的股息。采用 3 步二叉树来计算期权价格。

18.12 一个 1 年期限、在无股息股票上的美式看跌期权行使价格为 18 美元。股票的当前价格为 20 美元，无风险利率为每年 15%，股票波动率为每年 40%。采用 DerivaGem 软件并采用步长为 3 个月的 4 步二叉树来估计期权的价格。显示树形结果并验证在二叉树上最后一步及倒数第二步期权价格的正确性。采用 DerivaGem 对相应的欧式期权定价。采用控制变量技巧来改进美式期权价格估计的精度。

18.13 一个 2 个月期限的关于股指的美式看跌期权行使价格为 480。股指当前水平为 484，无风险利率为每年 10%，股指的连续股息收益率为每年 3%，股指波动率为每年 35%。将期权期限划分为 4 个半个月长度的区间段，并采用二叉树来估计期权的价值。

18.14 当采用二叉树时，如何采用控制变量技术来改善关于美式期权 Delta 的估计？

18.15 当股指的股息收益率为时间的函数时，如何采用二叉树来对该股指期权定价？

作业题

18.16 一个卖出一瑞士法郎收入美元的美式看跌期权行使价格为 0.80 美元，期权期限为 1 年。瑞士法郎汇率的波动率为 10%。美元利率为 6%，瑞士法郎利率为 3%，当前汇率为 0.81。采用一个 3 步二叉树来对这一期权定价，并用树中的结果来估计期权的 Delta。

18.17 一个 1 年期的关于白银期货的美式看跌期权行使价格为 9 美元。期货的当前价格为 8.50 美元，无风险利率为每年 12%，期货波动率为每年 25%。采用 DerivaGem 软件，并以步长为 3 个月的 4 步二叉树来对期权进行定价。显示树形结果并验证最后一步及倒数第二步节点上期权价格的正确性。采用

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

DerivaGem 来对相应的欧式期权定价。采用控制变量技术来改善美式期权价格的精度。

18.18 一个 6 个月期限的美式看涨期权的股票将在第 2 个月末与第 5 个月末支付每股 1 美元的股息。股票的当前价格为 30 美元，行使价格为 34 美元，无风险利率为每年 10%，对于无股息的股票部分的波动率为每年 30%。采用 DerivaGem 软件，将期权期限分为 100 个时间段来估计期权价格。将你的答案与布莱克近似模型（见第 13.10 节）进行比较。

18.19 DerivaGem 软件的“应用工具”功能可以让你检验由二叉树得出的期权结果在步数增大时趋向于真解的收敛性（见 18.4 节及 DerivaGem 的 Sample Application A）。考虑关于某股指的看跌期权，股指水平为 900，行使价格为 900，无风险利率为 5%，股息收益率为 2%，期限为 2 年：

a. 对于欧式期权及波动率等于 20% 的情形，生成类似于 Sample Application A 中关于收敛性的结果。

b. 对于美式期权及波动率等于 20% 的情形，生成类似于 Sample Application A 中关于收敛性的结果。

c. 波动率等于 20%，采用控制变量技巧，画出美式期权价格与二叉树步数之间函数关系的图形。

d. 假定美式期权的市场价格为 85。画出由二叉树估计的隐含波动率与二叉树步数之间函数关系的图形。

18.20 从例 18-1 的树形中估计 Delta、Gamma 和 Theta，并比较每一项。

18.21 在例 18-2 中，在第 9 个月的最低的节点上提前行使期权的收益是多少？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

19 CHAPTER

第 19 章

波动率微笑

由布莱克－斯科尔斯－莫顿模型所计算出的期权价格与市场价格有多么接近呢？交易员在交易中真的采用布莱克－斯科尔斯－莫顿公式来对期权定价吗？资产价格真的服从对数正态分布吗？关于布莱克－斯科尔斯－莫顿公式，都有什么样的研究结果来验证公式的可信度呢？在本章里我们将回答这些问题。交易员确实应用布莱克－斯科尔斯－莫顿公式，但所应用的方式与布莱克、斯科尔斯和莫顿最初的想法却有所不同，这是因为交易员允许波动率是期权行使价格以及期权期限的函数。

波动率微笑(volatility smile)是指描述期权隐含波动率与行使价格函数关系的图形。在本章中，我们将描述交易员在股票与货币市场所采用的波动率微笑。我们将解释波动率微笑与所假设的将来标的资产价格概率分布之间的关系。我们还将讨论交易员如何按不同期限对波动率进行调整，以及交易员如何将波动率曲面作为期权定价的工具。

在本章附录，我们将利用看跌－看涨期权平价关系式来证明在期权行使价格与期限一致的情况下，欧式看涨期权的隐含波动率等于欧式看跌期权的隐含波动率。这一结果会给我们带来便利，这意味着欧式看涨期权的波动率微笑必须与欧式看跌期权的波动率微笑一致。在大多数情形，美式期权的隐含波动率非常接近于具有同样行使价格和期限的欧式看涨期权的隐含波动率。因此，我们可以说本章所讨论的波动率适用于(至少近似适用于)所有具有特定期限的欧式和美式期权。

19.1 货币期权

图 19-1 显示了关于货币期权波动率微笑的通常形状。平值期权的波动率相对较低，但波动率随着期权实值程度或虚值程度的增大而逐渐升高。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

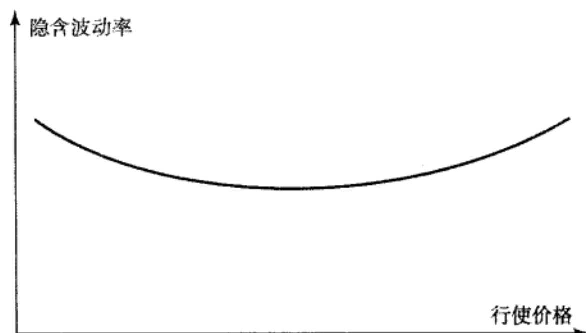


图 19-1 外汇期权的波动率微笑

图 19-1 所示的波动率微笑对应于图 19-2 中由实线表示的概率分布。我们将这一概率分布称为**隐含概率分布**(implied distribution)。图 19-2 中的虚线代表一个与隐含概率分布有同样的期望值及标准差的对数正态分布。可以看出，隐含概率分布比对数正态分布更具有肥尾特征。[⊖]

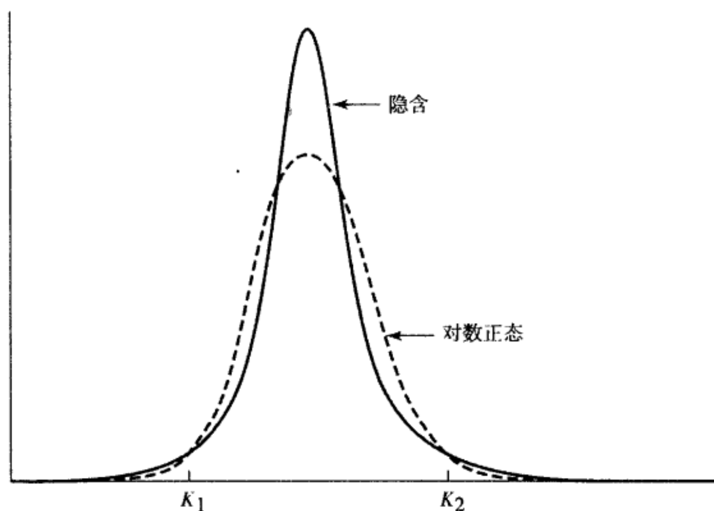


图 19-2 外汇期权隐含分布与对数正态分布

为了说明图 19-1 与图 19-2 的一致性，我们在此考虑一个行使价格为 K_2 的深度虚值(deep-out-of-money)看涨期权。这一期权只有在行使价格高于 K_2 时才会产生收益，图 19-2 显示了这一期权在隐含概率分布中产生收益的概率大于在对数正态分布中产生收益的概率。因此我们期望，对于这一期权，隐含概率分布所产生的价格会偏高。较高的价格会对应于较高的波动率，这刚好是我们在图 19-1 中所观察到的。对于较高的行使价格，以上两个图形一致。接下来，我们考虑一个行使价格为 K_1 的深度虚值看跌期权，这一期权只有在行使价格低于 K_1 时才会产生收益。图 19-2 显示了这一期权在隐含概率分布中产生收益的概率大于在对数正态分布中产生收益的概率。因此我们期望，对于这一期权，隐含概率分布所产生的价格也会偏高。这正是我们在图 19-1 中所观察到的现象。

⊖ 这种现象可用峰度(kurtosis)来描述。注意，除了更具有肥尾特征，隐含概率分布的峰值也更高(more "peaked")。在这种分布中，较大与较小变动发生的可能性大于在对数正态分布中的情形，但变动取中间值的可能性较小。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

19.1.1 实证结果

以上分析说明外汇期权交易员确实采用了波动率微笑，这意味着交易员认为对数正态分布会低估汇率的极端变动。为了验证这一观点的正确性，我们在表 19-1 中检验了 10 年中 12 种不同汇率的日收益率。[⊖]生成这个表格的第 1 步需要计算每一个汇率价格百分比变化的标准差，第 2 步是要计算有多少百分比变化超出 1 个标准差、2 个标准差，等等。最后，我们计算在正态分布情况下这些百分比变化出现的概率(对于一天的时间间隔，对数正态分布隐含的百分比变化几乎完全服从正态分布)。

表 19-1 价格比例变化大于 1，2，…，6 个标准方差的天数占整体观察日的比例

	历史数据(%)	正态发布(%)		历史数据(%)	正态发布(%)
>1 S. D.	25.04	31.73	>4 S. D.	0.29	0.01
>2 S. D.	5.27	4.55	>5 S. D.	0.08	0.00
>3 S. D.	1.34	0.27	>6 S. D.	0.03	0.00

注：S. D. = 价格比率变化的标准方差。

每天价格百分比的变化超过 3 个标准差的个数占所有观察数据的比例为 1.34%，而对数正态分布所对应的比例却只有 0.27%。每天价格百分比变化超出 4 个、5 个以及 6 个标准差的天数占整个观察日的比例分别为 0.29%、0.08% 以及 0.03%，而对数正态分布认为这些事件几乎不可能发生。因此，这一表格提供了(汇率收益)肥尾性态存在以及交易员确实采用波动率微笑的证据。业界实例 19-1 指出，假如你在其他市场参与者之前做出类似分析时，怎样才能取得盈利。

业界实例 19-1 如何从外汇期权中盈利

假如大多数市场参与者认为汇率服从对数正态分布，因而使用同一个波动率来对所有关于某一个汇率的期权定价。假如你刚刚分析了表 19-1 中的结果，知道对数正态分布并不是一个好的关于汇率的假设，那么你应该怎样从这些结论中盈利呢？

对这一问题的回答是，你应该买入一个深度虚值看涨与看跌期权，然后就是等待。这些期权相对来讲比较便宜并且成为实值期权的比率要比对数正态分布模型预测的要多一些，你的期权平均收益要远远大于期权成本。

在 20 世纪 80 年代中期，有一些交易员认识到汇率分布中的“肥尾性态”，而其他的交易员仍然认为布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型中的对数正态分布假设是合理的，对汇率分布有正确认识的交易员采用了我们描述的策略并且获得了巨大盈利。到了 80 年代后期，几乎所有的人都认识到虚值期权所对应的隐含波动率要高，这时套利机会就消失了。

19.1.2 外汇期权波动率微笑存在的原因

为什么汇率不服从对数正态分布呢？资产价格服从对数正态分布的两个条件是：

- 标的资产的波动率为常数；

⊖ 这一表格取自于 J. C. Hull and A. White, “Value at Risk When Daily Changes in Market Variables Are Not Nomally Distributed.” *Journal of Derivatives*, 5, no. 3(Spring 1998)：9-19。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

- 标的资产价格变化平稳并且没有跳跃。

在实践中，以上假设对于汇率均不成立。汇率的波动率与常数相差甚远，并且波动率变化具有跳跃性，[⊖]非常数波动率以及跳跃都会使得汇率变化产生极端情形的现象更加频繁。

跳跃与非常数波动率对期权价格的影响与期权的期限有关。当期权期限增大时，非常数波动率对期权价格百分比变化的影响变得越来越大，但同时对隐含波动率百分比变化的影响却越来越小。当期权期限增大时，跳跃性对期权价格百分比变化以及隐含波动率百分比变化的影响越来越小。[⊜]这一结果的直接推论是当期权期限增大时，波动率微笑变得越来越弱。

19.2 股票期权

鲁宾斯坦(1985, 1994)和杰克沃斯(Jackwerth)研究了股票期权波动率微笑。在1987年前，市场上没有明显的波动率微笑现象。自1987年以来，交易员在期权定价中所采用的波动率微笑的一般形式如图19-3所示，这种形式的波动率微笑也被称为**波动率倾斜**(volatility skew)。这时，波动率是行使价格的递减函数。低行使价格期权[也就是深度虚值看跌期权(deep-out-of-money put)与深度实值看涨期权(deep-in-the-money call)]所对应的隐含波动率要远高于高行使价格期权[也就是深度实值看跌期权(deep-in-the-money put)及深度虚值看涨期权(deep-out-of-the-money call)]。

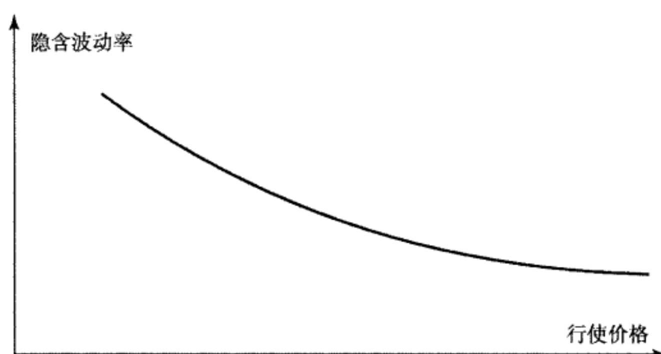


图19-3 股票波动率微笑

股票期权波动率微笑对应于图19-4中由实线所表示的概率分布。图19-4中的虚线代表一个与隐含概率分布有同样期望值及标准差的对数正态分布。可以看出，隐含概率分布比对数正态分布有更肥的左端尾部及更瘦的右端尾部。

为了说明图19-3与图19-4的一致性，我们考虑深度虚值期权。由图19-4得出，行使价格为K_2的深度虚值看涨期权在假设隐含概率分布时的价格低于在假设对数正态分布时的价格。这是因为这一期权只有在股票价格高于K_2时才会产生收益，而隐含概率分布对此所对应的概率低于对数正态分布所对应的概率。因此，我们期望由隐含概率分布得出的期权价格会低于由对数正态分布得出的期权价格。较低的价格会对应于较低的隐含波动率，而这正如在图19-3所示。接下来，我们考虑一个行使价格为K_1的深度虚值看跌期权，这一期权只有在行使价格低于K_1时才会产生收益。图19-4显示这一期权在隐含概率分布下产生收益的概率将大于在对数正态分布下产生收

⊖ 通常汇率的跳跃同中央银行的决策有关。

⊜ 当我们检测足够长期限的期权时，跳跃的效果会被平均化(averaged out)，因此存在跳跃时所得的汇率概率分布与汇率平稳变化时所得的概率分布难以区分。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

益的概率。因此对于这一期权隐含概率分布所对应的价格也会偏高，从而隐含波动率也应该偏高。这正是我们在图 19-3 中所观察到的现象。

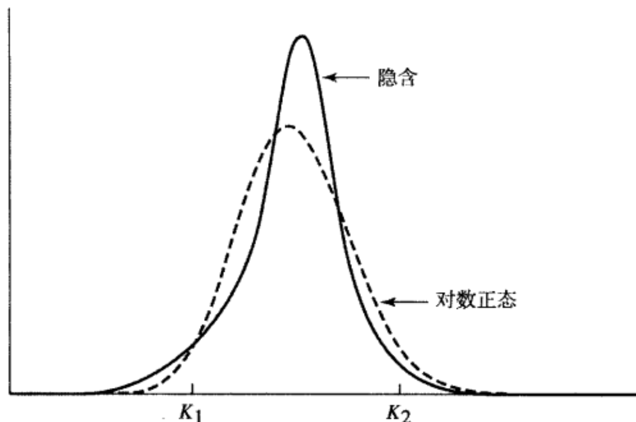


图 19-4 股票期权隐含分布与对数正态分布

股票期权波动率微笑存在的原因

关于股票期权波动率微笑的一种解释是杠杆效应，当公司股票价格下跌时，公司杠杆效应增加，这意味着股票风险性增大，因此波动率增加；当公司股票上涨时，杠杆效应降低，股票风险变小，因此波动率会减小。这种观点说明股票波动率应该是行使价格的一种递减函数，这一结论与图 19-3 和图 19-4 是一致的。另外一种关于股票波动率微笑的解释是波动率微笑来源于交易员对股票市场暴跌的恐惧(见业界实例 19-2)。

| 业界实例 19-2 | 暴跌恐惧症

应该指出，图 19-3 中所示的微笑形状只是在 1987 年 10 月股价大跌后才存在，在 1987 年 10 月之前，隐含波动率与行使价格之间没有太大关系，这一现象使得鲁宾斯坦提议，造成波动微笑的原因是由于人们对股票市场暴跌的恐惧症。交易员害怕市场上会出现类似 1987 年 10 月那样的股价暴跌，因此对于深度虚值看跌期权赋予较大的价值(这也造成了较高的波动率)。

实际数据给以上的解释提供了证据，S&P 500 股指的下跌往往会伴随着波动率倾斜程度的增加，这是因为交易员在股价下跌时会对可能出现的暴跌更加担心，当 S&P 500 上涨时，倾斜程度会变小。

19.3 波动率期限结构与波动率曲面

除了波动率微笑外，在对期权定价时，交易员还采用某种波动率期限结构，这意味着对于一个平值期权定价所采用的波动率将与期权的期限有关。当短期的历史波动率较低时，波动率往往是期限的递增函数，因为这时波动率预期会升高。类似地，当短期的历史波动率较高时，波动率往往是期限的递减函数，因为这时波动率预期会减小。

波动率曲面是将波动率期限结构与波动率微笑结合在一起所产生的表格，这一表格可用于对不同行使价格以及不同期限的期权进行定价。表 19-2 是一个可用于汇率期权定价的波动率曲面。该表显示，随着时间期限的增加，波动率微笑的幅度有所减少。对于大多数资产，这与实际观察

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

结果是一致的。

表 19-2 波动率曲面

期限	行使价格				
	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
1个月	14.2	13.0	12.0	13.1	14.5
3个月	14.0	13.0	12.0	13.1	14.2
6个月	14.1	13.3	12.5	13.4	14.3
1年	14.7	14.0	13.5	14.0	14.8
2年	15.0	14.4	14.0	14.5	15.1
5年	14.8	14.6	14.4	14.7	15.0

波动率曲面的其中一维变量为行使价格，另一维变量为期限。波动率曲面的数值是由布莱克－斯科尔斯－莫顿公式得出的隐含波动率。在任意给定时间，波动率曲面的某些点对应于市场价格较为可靠的期权价格数据，对应于这些点的隐含波动率可以直接由市场期权价格求得，并被输入波动率曲面之中。波动率曲面的其他点的数据可通过线性插值计算得出。

当我们对一个新的期权定价时，金融工程师会在波动率曲面取得适当的数据。例如，为了对一个9个月期限、行使价格为1.05的期权进行定价，金融工程师可以采用表中介于13.4与14.0之间的插值作为对波动率的估计，插值结果为13.7%。这一数据可以用于布莱克－斯科尔斯－莫顿公式及二叉树。我们对于一个1.5年、行使价格为0.925的期权进行定价，可采用二维插值来求得隐含波动率，即14.525%。

假如T代表期限，F_0代表资产的远期价格，有些金融工程师将波动率微笑定义为隐含波动率与变量

$$\frac{1}{\sqrt{T}}\ln\frac{K}{F_0}$$

之间的函数，而不是将波动率直接定义为隐含波动率与行使价格K的函数，这种方式的微笑通常与期限T的关系不大。[⊖]

模型的作用

当交易员对每一笔交易均采用不同的波动率时，期权定价的模型作用有多么重要呢？我们可以认为布莱克－斯科尔斯－莫顿模型只不过是交易商用来进行插值的工具。利用布莱克－斯科尔斯－莫顿模型，交易商可以保证期权的价格与市场交易活跃的产品价格保持一致。假如交易员在将来某一天决定不再使用布莱克－斯科尔斯－莫顿模型，而是使用另一个更好的模型，这时波动率曲面会有所改变，波动率微笑的形状也会改变，但期权的市场价格不会有明显的变化。

19.4 当预期会有单一的大跳跃时

我们现在利用一个实例来说明股票市场波动率微笑为何会变成一种特殊的形式。假定股票的当前价格为50美元，今后几天的一则消息会使股票价格下跌8美元或者上涨8美元（这一消息可能是关于一个并购计划的最终结果，或者是关于一个重要法律诉讼的最终结局）。

⊖ 关于这种方法的讨论，请参考 S. Natenberg, *Option Pricing and Volatility: Advanced Trading Strategies and Techniques*, 2nd ed. McGraw-Hill, 1994; R. Tompkins, *Options Analysis: A State of the Art Guide to Options Pricing*, Burr Ridge, IL: Irwin, 1994。Empirical evidence supporting this approach is in T. Daglish, J. Hull, and W. Suo, "Volatility Surfaces: Theory, Rules of Thumb, and Empirical Evidence," *Quantitative Finance*, 7, 5 (Qctober 2007), 507-24.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

股票价格在一个月以后的分布可能由两个对数正态分布叠加而成。一个对数正态分布对应于好消息；另一个对数正态分布对应于坏消息。这一情形如图 19-5 所示，实线表达的概率分布为一个月后由对数正态分布叠加而成的股票价格分布，虚线代表一个与以上概率分布有同样的期望值及标准差的对数正态分布。

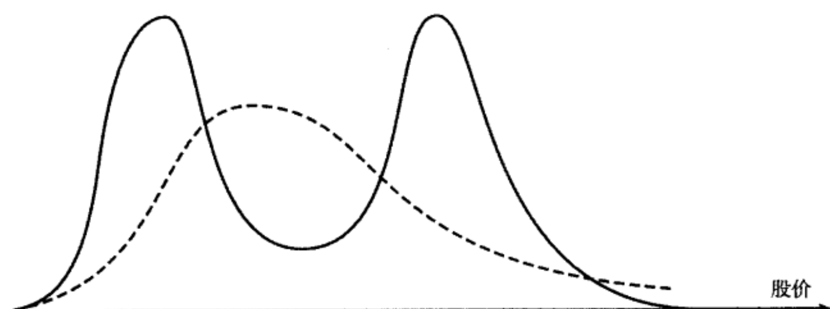


图 19-5 股票价格跳跃的效应

注：实线代表真实分布；虚线代表对数正态分布。

真正的概率分布为双峰(bimodal)(该分布显然不是对数正态分布)。一个简单检测双峰股票价格分布效应的方法是考虑像二项分布这样的极端情形，下面考虑这种情况。假设股票的当前价格为 50 美元，在一个月后，股票价格会变为 42 美元或 58 美元。假定无风险利率为每年 12%。这一情形如图 19-6 所示。期权可以通过由第 12 章及第 18 章所描述的二叉树模型来定价。这时，$u=1.16$，$d=0.84$，$a=1.0101$ 及 $p=0.5314$。表 19-3 列出了不同期权的价格，表中的第 1 列为不同的行使价格；第 2 列为一个月期限的欧式看涨期权的价格；第 3 列为一个月期限的欧式看跌期权的价格；第 4 列为隐含波动率(如本章附录所述，对于同一行使价格以及期限，欧式看涨期权的隐含波动率等于欧式看跌期权的隐含波动率)。图 19-7 显示了由表 19-3 得出的隐含波动率微笑。隐含波动率微笑实际为隐含波动率“皱眉”(frown，与常规波动率微笑的形状相反)。在这种隐含波动率微笑形式中，当期权变得更加实值或虚值时，波动率有所减小。行使价格为 50 的期权的隐含波动率高于行使价格为 44 或 56 的期权的隐含波动率。

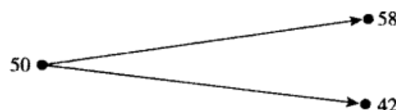


图 19-6 一个月后的股票价格变化

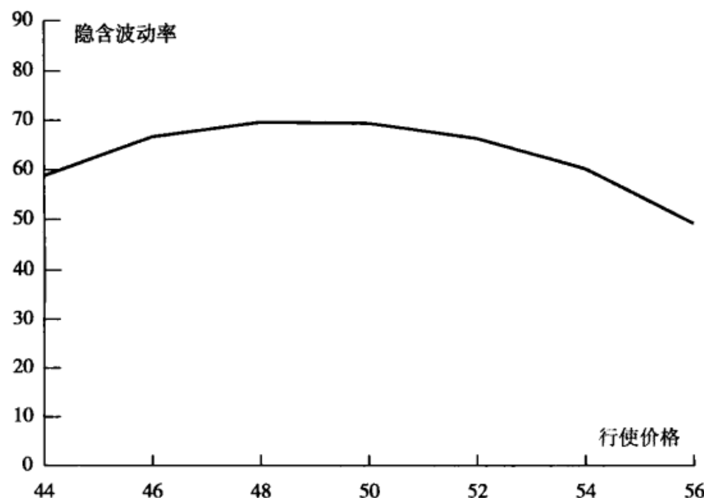


图 19-7 表 19-3 所对应的波动率微笑

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表 19-3 隐含波动率

行使价格(美元)	看涨期权价格(美元)	看跌期权价格(美元)	隐含波动率(%)
42	8.42	0.00	0.0
44	7.37	0.93	58.8
46	6.31	1.86	66.6
48	5.26	2.78	69.5
50	4.21	3.71	69.2
52	3.16	4.64	66.1
54	2.10	5.57	60.0
56	1.05	6.50	49.0
58	0.00	7.42	0.0

注：这里的真实分布为二项分布。

小　结

布莱克－斯科尔斯－莫顿模型及其推广均假定资产价格在将来时刻的概率分布服从对数正态。这一假设与交易员的假设是不一样的，他们一般假定股票价格的分布相对于对数正态分布来讲有更肥的左端尾部与更肥的右端尾部。

交易员采用波动率微笑来模拟非对数正态分布。波动率微笑定义了期权隐含波动率与行使价格的关系。股票期权波动率微笑为下坡型，这意味着深度虚值看跌期权及深度实值看涨期权所对应的隐含波动率较高，而深度实值看跌期权及深度虚值看涨期权所对应的隐含波动率较低。外汇期权波动率微笑为 U 字形。深度虚值及深度实值期权的波动率均高于平值期权的波动率。

交易员也采用波动率期限结构。期权隐含波动率与期权的期限有关。将波动率期限结构与波动率微笑结合在一起时，我们可以产生波动率曲面，这一波动率曲面将隐含波动率视为行使价格和期限的函数。

推荐阅读

Bakshi, G., C. Cao, and Z. Chen. "Empirical Performance of Alternative Option Pricing Models," *Journal of Finance*, 52, no. 5 (December 1997): 2004–49.

Bates, D.S. "Post-'87 Crash Fears in the S&P Futures Market," *Journal of Econometrics*, 94 (Jan./Feb. 2000): 181–238.

Derman, E. "Regimes of Volatility," *Risk*, April 1999: 55–59.

Ederington, L., and W. Guan. "Why Are Those Options Smiling," *Journal of Derivatives*, 10, 2 (2002): 9–34.

Jackwerth, J.C., and M. Rubinstein. "Recovering Probability Distributions from Option Prices," *Journal of Finance*, 51 (December 1996): 1611–31.

Lauterbach, B., and P. Schultz. "Pricing Warrants: An Empirical Study of the Black–Scholes Model and Its Alternatives," *Journal of Finance*, 4, no. 4 (September 1990): 1181–1210.

Melick, W.R., and C.P. Thomas. "Recovering an Asset's Implied Probability Density Function from Option Prices: An Application to Crude Oil during the Gulf Crisis," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 32, no. 1 (March 1997): 91–115.

Rubinstein, M. "Nonparametric Tests of Alternative Option Pricing Models Using All Reported Trades and Quotes on the 30 Most Active CBOE Option Classes from August 23, 1976, through August 31, 1978," *Journal of Finance*, 40 (June 1985): 455–80.

Rubinstein, M. "Implied Binomial Trees," *Journal of Finance*, 49, no. 3 (July 1994): 771–818.

Xu, X., and S.J. Taylor. "The Term Structure of Volatility Implied by Foreign Exchange Options," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 29 (1994): 57–74.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

测验题

19.1 在下列情形所观察到的波动率微笑是什么形式？

a. 股票价格分布两端的尾部均没有对数正态分布肥大。

b. 股票价格分布右端的尾部比对数正态分布要肥大，左端尾部没有对数正态分布肥大。

19.2 股票的波动率微笑形式是什么？

19.3 标的资产价格有跳跃时会造成什么形式的波动率微笑？这种形式对于两年和三个月期限的期权哪个更显著？

19.4 一欧式看涨期权与一欧式看跌期权具有同样的行使价格及期限。看涨期权的隐含波动率为 30%，看跌期权的隐含波动率为 25%。你要进行什么样的交易？

19.5 请仔细解释为什么同对数正态分布相比，左端尾部更加肥大而右端尾部更加瘦小的分布会造成下坡型波动率微笑。

19.6 一个欧式看涨期权的价格为 3 美元。当采用 30% 的波动率时，布莱克－斯科尔斯－莫顿公式的价格为 3.50 美元，由布莱克－斯科尔斯－莫顿给出的对于相同行使价格以及期限的看跌期权的价格为 1 美元。这一期权的市场价格应该为多少？请解释你的答案。

19.7 请解释股票暴跌恐惧症指的是什么。

练习题

19.8 股票的当前价格为 20 美元，明天公布的消息会使股票价格上涨 5 美元或下跌 5 美元。采用布莱克－斯科尔斯－莫顿公式为一个月期的期权定价会存在什么样的问题？

19.9 当波动率为随机并且与价格有正的相关性时，我们所观察到的 6 个月期限的期权波动率微笑最可能会是什么样子？

19.10 在以实证的形式验证期权定价公式时，你最可能碰到什么样的问题？

19.11 假定中央银行的政策允许汇率在 0.97 与 1.03 区间变化，你所计算的汇率期权隐含波动率具有什么样的特征？

19.12 期权交易员有时将深度虚值期权视为以波动率为标的资产的期权。他们为何会这样做呢？

19.13 某股票看涨期权的行使价格为 30 美元，期限为 1 年，隐含波动率为 30%。对于同一股票，行使价格为 30 美元，期限也为 1 年的看跌期权的隐含波动率为 33%。这对于交易员来讲会有什么样的套利机会？套利机会是建立在布莱克－斯科尔斯－莫顿对数正态分布的前提下吗？请仔细解释你的答案。

19.14 假定明天将会宣布对于公司有重大影响的法律诉讼结果。公司股票的当前价格为 60 美元。如果诉讼结果对公司有利，股票价格将会上涨到 75 美元；如果诉讼结果对公司不利，股票价格将会下跌到 50 美元。诉讼结果对公司有利的风险中性概率为多少？如果诉讼结果对公司有利，股票在 6 个月时的波动率为 25%；但如果诉讼结果对公司不利，股票在 6 个月的波动率为 40%。利用 DerivaGem 来计算今天这家公司股票隐含波动率与期权价格的关系。已知公司股票无股息。假定6 个月期的无风险利率为6%。在计算中考虑行使价格为 30 美元、40 美元、50 美元、60 美元、70 美元及 80 美元的看涨期权。

19.15 当前某汇率为 0.80。汇率的波动率为 12%，两个国家的利率相同。采用对数正态的假设来估计汇率在以下范围的概率：(a)小于 0.70；(b)介于 0.70 与 0.75 之间；(c)介于 0.75 与 0.80 之间；(d)介于 0.80 与 0.85 之间；(e)介于 0.85 与 0.90 之间；(f)大于 0.90。假定汇率波动率微笑为通常所看到的形式，以上估计哪一项偏低，哪一项偏高？

19.16 某股票的价格为 40 美元。对于这一股票，行使价格为 30 美元、期限为 6 个月的欧式看涨期权的隐含波动率为 35%；并且，行

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

使价格为 50 美元、期限为 6 个月的欧式看涨期权的隐含波动率为 28%。6 个月期限的无风险利率为 5%，股票无股息。请解释为什么两个隐含波动率会不同。利用 DerivaGem 来计算两个期权的价格。采用看跌－看涨期权平价关系式来计算行使价格分别为 30 美元及 50 美元的看跌期权的价格。利用 DerivaGem 来计算两个看跌期权的隐含波动率。

19.17 “布莱克－斯科尔斯－莫顿模型是被交易员用做插值的工具。”请解释这一观点。

19.18 利用表 19-2 计算交易员采用的 8 个月期限、行使价格为 1.04 的期权隐含波动率。

作业题

19.19 一家公司股票价格为 4 美元，且没有任何债务。分析员认为公司解体时的价格至少为 300 000 美元，当前在市场总共有 100 000 股股票。这时你会看到什么样的波动率微笑？

19.20 一家公司在等待某个诉讼结果，该结果会在 1 个月后宣布。公司股票当前价格为 20 美元。如果诉讼结果对公司有利，1 个月后股票会上涨到 24 美元；如果诉讼结果对公司不利，1 个月后股票会下跌到 18 美元。1 个月期的无风险利率为每年 8%。

a. 诉讼结果对公司有利的风险中性概率为多少？

b. 行使价格分别为 19 美元、20 美元、21 美元、22 美元及 23 美元，1 个月期的看涨期权价格分别为多少？

c. 利用 DerivaGem 来计算 1 个月期的看涨期权波动率微笑。

d. 验证 1 个月期的看跌期权波动率微笑与以上结果一致。

19.21 一个期货价格为 40 美元，无风险利率为 5%。某天公布的消息会造成今后 3 个月期的波动率变为 10% 或者 30%，第一种情况出现的概率为 60%，第二种情况出现的概率为 40%，采用软件 DerivaGem 计算 3 个月期权的波动率微笑。

19.22 在网页上可以下载不同的汇率数据，http://www.rotman.utoronto.ca/hull/data，选定一个货币来生成类似于表 19-1 的表格。

19.23 从作业题 19.22 网页上下载不同的汇率数据，选定一种指数并检验价格下跌 3 个标准差的概率是否会大于价格上涨 3 个标准差的概率。

19.24 某欧式看涨期权与某欧式看跌期权具有同样的行使价格及期限。证明，当波动率在一个短暂时段由 σ_1 上涨到 σ_2 时，以上两个期权的增值相同（提示：利用看跌－看涨平价关系式）。

19.25 采用表 19-2 来计算交易员采用的一个 11 个月期限、行使价格为 0.98 的期权隐含波动率。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录 19A 为什么看跌期权的波动率微笑与看涨期权的波动率微笑相同

在第 10 章及第 15 章给出的看跌 - 看涨平价关系式是关于欧式看涨期权价格 c 与欧式看跌期权价格 p 之间的一个重要的关系式：

$$p+S_0e^{-qT}=c+Ke^{-rT} \quad (19A\text{-}1)$$

这里的看涨期权价格及看跌期权价格具有同样的行使价格 K 以及期限 T。变量 S_0 为今天的标的资产价格，r 为对应于期限 T 的无风险利率，q 为资产的收益率。

看跌 - 看涨平价关系式成立的原因可以由比较简单的无套利机会来论证，这一结果并不取决于资产价格的分布。这一关系式在资产价格服从对数正态分布时成立，而且不服从对数正态分布时也成立。

假定对于某个给定的波动率，p_{bs} 及 c_{bs} 是由布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型得出的欧式看跌期权及欧式看涨期权的价格。假定 p_{mkt} 及 c_{mkt} 为这些期权的市场价格，因为看跌 - 看涨平价关系式对于布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型也成立，因此我们有

$$p_{bs}+S_0e^{-qT}=c_{bs}+Ke^{-rT}$$

在无套利的前提下，看跌 - 看涨平价关系式市场价格也成立

$$p_{mkt}+S_0e^{-qT}=c_{mkt}+Ke^{-rT}$$

以上两式相减，我们得出

$$p_{bs}-p_{mkt}=c_{bs}-c_{mkt} \quad (19A\text{-}2)$$

以上公式说明：当采用布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿公式对具有相同期限的以及相同行使价格的看跌及看涨期权定价时，公式所产生的误差相同。

【例 19A-1】 看涨及看跌期权的隐含波动率

澳元的价格为 0.60 美元。美国的无风险利率为每年 5%，澳大利亚的无风险利率为每年 10%。一个对于澳元 1 年期、行使价格为 0.59 美元的期权价格为 0.023 6。DerivaGem 所示的隐含波动率为 14.5%。为了保证无套利，式(19A-1)所示的看跌 - 看涨平价关系式必须成立，其中 q 为外国(澳洲)无风险利率。1 年期限的以及行使价格为 0.59 美元的欧式看跌期权的 p 价格满足以下关系式

$$p+0.60e^{-0.10\times 1}=0.0236+0.59e^{-0.05\times 1}$$

因此，$p=0.0419$。根据这一价格，DerivaGem所得的隐含波动率为 14.5%。

假定，欧式看跌期权的隐含波动率为 22%，这意味当布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型中的波动率为 22% 时，$p_{bs}=p_{mkt}$。由式(19A-2)得出，当采用同一波动率时，$c_{bs}=c_{mkt}$。这里的分析说明，具有同样行使价格以及期限的欧式看涨期权与相应看跌期权的隐含波动率相等。换句话讲，对于给定的行使价格及期限，利用布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型对欧式看涨期权定价以及对欧式看跌期权定价时必须要用同样的波动率。这对于美式期权也近似正确。因此，交易员在利用隐含波动率与行使价格关系，或隐含波动率与期限关系时，他们无须指明这些关系是对于看涨期权或看跌期权——这些关系对于看涨期权及看跌期权均成立。这一结果在例 19A-1 中有所说明。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 20

第 20 章

风险价值度

在第 17 章，我们讨论了检验衍生产品交易组合风险的不同测度，包括 Delta、Gamma 与 Vega。这些测度是为了描述由期权或其他资产所构成资产组合的不同风险。一个金融机构往往每一天都要对自己存在风险暴露的市场变量计算这些测度，而且有时计算过程会涉及成千上万个市场变量，每天的 Delta-Gamma-Vega 分析可能需要大量计算。这些风险测度对于金融机构的交易员来讲非常重要，但是对于高管而言，这些风险测度的用途却十分有限。

风险价值度（Value at Risk，VaR）试图为高级管理人员提供一个关于资产组合而囊括全部风险，并以单一数字来表达的风险度量。这一方法已经被银行的资产部、基金管理人员以及其他金融机构所采用。银行监管部门也采用 VaR 来确定银行因承担风险而需要的资本金。

在本章，我们将介绍 VaR 这一概念，并描述计算 VaR 的两种方法：**历史模拟法**（historical simulation approach）及**模型构建法**（model-building approach）。

20.1 VaR 测度

当采用 VaR 测度时，分析员所关心的是以下形式的结论：

我有 $X\%$ 的把握，在今后的 N 天内损失不会大于 V。

这里的数量 V 就是交易组合的 VaR。VaR 是两个参数的函数：时间展望期（N 天）及置信度（$X\%$）。这一数量说明在今后的 N 天内，只有 $100-X$ 的概率，损失才会超出这个数量。银行监管人员要求银行在计算市场风险的 VaR 时采用 $N=10$ 与 $X=99$（见业界实例 20-1）。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

业界实例 20-1 | 银行监管人员如何应用 VaR

巴塞尔银行监管委员会(The Basel Committee on Bank Supervision)是一个世界范围的银行监管机构，这一委员会在瑞士的巴塞尔定期开会。在 1988 年，委员会颁布了 1988 年 BIS 协议(*The* 1988 *BIS Accord*)，此协议也被称之为“协议”(*The Accord*)。通过这一协议，世界上的监管机构对于银行的信用风险所需的资本金达成了共识。几年以后，巴塞尔委员会又颁布了 1996 年修正案(*The* 1996 *Amendment*)，此修正案在 1998 年得以实施。修正案要求银行在对于自身面临的信用风险持有资本金的同时，也要对自身面临的市场风险持有资本金。在修正案中，银行的交易业务账户和银行业务账户被区分开来。银行业务账户主要包括贷款等资产，对于这些资产，银行并不需要为了满足管理及财务要求而经常定期重新定价。银行交易账户包括一系列银行的日常交易产品(例如股票、债券、互换、远期合约、期权等)，银行的交易账户中的资产每天都要进行重新定价。

1996 修正案中采用了 VaR 来计算资本金，修正案中要求 $N=10$ 及 $X=99$，这意味着只有1%的可能在今后 10 天的损失超出所计算出的 VaR 结果。银行的资本金等于某种因子 k 乘以 VaR[包括特殊风险(specific risk)的调节项]，这里的因子由监管机构裁定，k 的值在银行与银行之间会有所不同。k 的最小值为 3，当银行建立了较好的 VaR 检测系统时，k 接近于最小值 3 的可能性会很大。而对于没有建立完善的 VaR 系统的银行，k 的值会更高一些。

当 N 天为展望期，$X\%$ 为置信区间水平时，VaR 对应于在今后 N 天内价值分布中的第(100 − X)个分位数(在生成交易组合价格变化分布时，收益为正，亏损为负)。例如，当 $N=5$ 及 $X=97$ 时，VaR 对应于交易组合在 5 天后价值变化分布中的第 3 个分位数。图 20-1 显示了当交易组合价值变化服从正态分布时的 VaR。[⊖]

VaR 的概念比较容易理解，所以这一概念很容易吸引人们的注意力。应用 VaR 时，实际上是在问以下简单的问题：“最坏情况会是怎么样?”这一问题是所有的高级管理人员都应该关心的问题，将各种对于不同种类市场变量的敏感度压缩成一个数字会使高级管理人员更容易接受。

如果我们将 VaR 看成一个描述交易组合风险的有用度量，一个有趣的问题是，VaR 是否为风险度量中最好的一个？某些研究人员认为，VaR 可能会使交易员选择具有图 20-2 中的分布特性的交易组合。图 20-1 与图 20-2 所示的交易组合具备同样的 VaR，但图 20-2 所示的交易组合的风险要大得多，因为其潜在损失要大得多。

一种可以解决以上问题的测度为**预期亏损**(expected shortfall)测度。VaR 测度的目的是为了描述损失会糟成什么样子，而预期亏损是对以下问题的回答：“当市场条件变糟而触发损失时，我们损失的期望值为多大?”预期亏损是指在今后 N 天，当损失在(100 − X)分位数左侧的尾部时，损失的期望值。[⊜]例如，当 $X=99$ 且 $N=10$ 时，预期亏损是指在今后 10 天的损失在 1% 的左侧尾部时损失的期望值。

⊖ 在本书中，我们将展望期为 N 天，并且对应于 $X\%$ 置信区间的 VaR 称为 N 天的 $X\%$ VaR。——译者注

⊜ 这一测度有时也被称为条件(conditional)风险价值度或尾部损失(tail loss)，这一概念最先由 P. Artzner, F. Delbaen, J. M. Eber, and D. Heath, “Coherent Measures of Risk,” *Mathematical Finance*, 9(1999): 203-28。作者在这一文章中讨论了一个好的风险测度应具备的特性，并指出 VaR 不具备这些特性。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

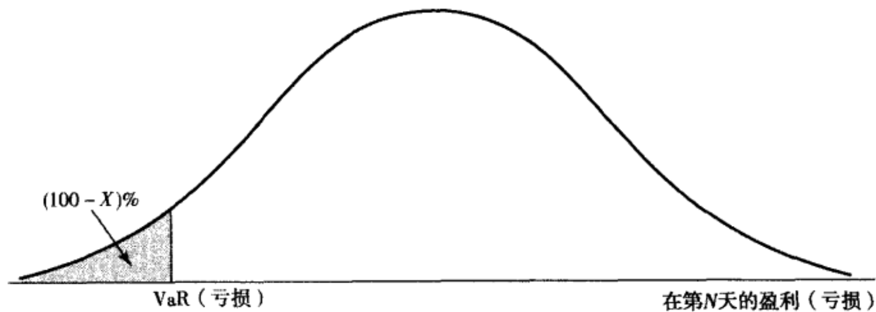


图 20-1 由交易组合价值变化概率分布中计算 VaR

注：置信度为 X%。在图中，交易组合的收益为正，损失为负。

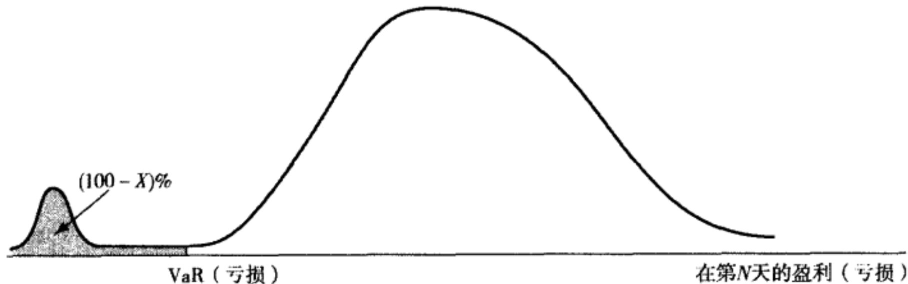


图 20-2 图 20-1 的一种变形

注：VaR 值相同，但损失可能会很大。

尽管 VaR 有些缺陷，但这一测度(而不是预期亏损)已经成为监管机构及风险管理人员用来检测风险最流行的工具。因此，我们将在本章主要讨论 VaR 的测定方式。

时间展望期

VaR 含有两个参数，时间展望期 N(以天为计量)及置信区间 X。在实践中，风险管理人员总是先将 N 设定为 1，因为当 N 大于 1 时，我们没有足够多的数据来估计市场的变化。一个较为常用的假设是

$$N\text{ 天 VaR} = 1\text{ 天 VaR} \times \sqrt{N}$$

当交易组合价值在不同天之间的变化相互独立，并且服从期望值同样为 0 的正态分布时，以上公式正好成立。对于其他情形，这一公式只是一个近似式。

业界实例 20-1 曾经指出，监管机构要求银行市场风险监管资本至少为 10 天展望期的 99% VaR 的 3 倍。如已经算出了 10 天展望期的 99% VaR，我们可以得出监管资本水平等于 $3 \times \sqrt{10} = 9.49$ 乘以一天展望期的 99% VaR。

20.2 历史模拟法

历史模拟法是计算 VaR 的一种流行方法。历史模拟法以历史数据为依据直接预测将来可能发生的情形。假设我们采用过去 501 天的历史数据来计算某公司一天展望期的对应于 99% 置信水平的 VaR(市场风险的 VaR 计算通常用这样的设定，501 天非常流行，因为它可以产生 500 种情景)。历史模拟法的第 1 步是选定影响交易组合的市场变量，这些变量一般是汇率、股价、利率等，然后需要收集这些变量在最近 501 天内的数据。这些数据为我们提供了从今天到明天市场变

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

量发生的 500 种变化情形。我们将数据开始的第 1 天记为 0 - 天(day 0)，数据开始的第 2 天记为 1 - 天(day 1)，依此类推。情形 - 1(scenario 1)是指由 0 - 天与 1 - 天数据的变化比率；情形 - 2 是指由 1 - 天与 2 - 天所对应数据的变化比率。对于每一个情形，我们可以计算从今天到明天的交易组合的价值变化，由此我们可以得出交易组合每天价值变化的概率分布图，分布中所对应的 99% 的分位数对应于 500 个计算数值的第 5 个最坏的价值变化，VaR 的估计刚好对应于第 99 个百分比分位数所对应的损失。假定过去 501 天是对明天将发生情形的一个好的指导，那么公司会有 99% 的把握肯定，交易组合所对应损失会小于 VaR 的估计值。

将某市场变量在 i - 天所对应的数值记为 v_i，假定今天为 n - 天，第 i 个情形下市场变量在明天的值为

$$第\ i\ 个情景的值 = v_n \frac{v_i}{v_{i-1}}$$

说明：4 个股指的投资

为了说明计算过程，假定某投资者在 2008 年 9 月 25 日持有一个价值为 1 000 万美元的投资组合，组合中有 4 个股票指数，即美国道琼斯指数(DJIA)、英国 FTSE 100 指数、法国 CAC 40 指数以及日本日经 225 指数，每个指数在 2008 年 9 月 25 日的价值如表 20-1 所示。读者可以在作者网页上下载一个含有过去 501 天 4 个指数的收盘价格的历史数据及计算 VaR 的 Excel 计算表，见 www.rotman.utoronto.ca/~hull/VaRExample，[⊖] 表 20-2 显示了数据的一部分。[⊜]

表 20-1 投资组合 VaR 测量

指数	组合价值(1 000 美元)
DJIA	4 000
FTSE 100	3 000
CAC 40	1 000
日经 225	2 000
总和	10 000

表 20-2 4 个指数的收盘价格历史数据

天	日期	DJIA	FTSE 100	CAC 40	日经 225
0	2006 年 8 月 7 日	11 219. 38	5 828. 8	4 956. 34	15 154. 06
1	2006 年 8 月 8 日	11 173. 59	5 818. 1	4 967. 95	15 464. 66
2	2006 年 8 月 9 日	11 076. 18	5 860. 5	5 025. 15	15 656. 59
3	2006 年 8 月 10 日	11 124. 37	5 823. 4	4 976. 64	15 630. 91
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
499	2008 年 9 月 24 日	10 825. 17	5 095. 6	4 114. 54	12 115. 03
500	2008 年 9 月 25 日	11 022. 06	5 197. 0	4 226. 81	12 006. 53

2008 年 9 月 25 日是对股票投资表现进行检验非常有意思的一天，2007 年 8 月开始的信用危机已经持续了 1 年，股票价格持续下跌了几个月，在这期间，波动率有所增大，雷曼兄弟在 10 天前已经申请破产，美国财政部的 7000 亿美元受困资产救助资金(Trouble Asset Relief Program, TARP)还没有在国会通过。

表 20-3 显示了市场变量在 2008 年 9 月 26 日对于选定情形的取值。情形 1(表 20-3 的第 1 行)是在 9 月 25 日至 26 日的市场价格百分比变化等同于 2006 年 8 月 7 日至 8 月 8 日之间市场价格的

⊖ 为了简化例子的计算，我们只包括了 4 个股市所在的交易市场开盘时的数据，这解释了我们为什么需要 2006 年 8 月 7 日至 2008 年 9 月 25 日这个时间段来提取 501 个数据。在实际中，美国的金融机构进行分析时，要对美国假日的数据进行处理。

⊜ 为了简化计算方程，这一例子没有考虑汇率的变化。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

百分比变化的假设下，市场变量在2008年9月26日的取值；情形2（表20-3的第2行）是在9月25日至26日的市场价格百分比变化等同于2006年8月8日至8月9日之间市场价格的百分比变化的假设下，市场变量在2008年9月26日的取值；依此类推。一般来讲，情形 i（表20-3的第 i 行）是在9月25日至26日的市场价格百分比变化等同于第 $i-1$ 天与第 i 天（$1 \leqslant i \leqslant 500$），市场价格的百分比变化的假设下，市场变量在2008年9月26日的取值。

表20-3　由表12-2所产生的对于2008年9月26日的情形

情形	DJIA	FTSE 100	CAC 40	日经 225	组合价值（1 000 美元）	损失（1 000 美元）
1	10 977.08	5 187.46	4 236.71	12 252.62	10 021.502	-21.502
2	10 925.97	5 234.87	4 275.48	12 155.54	10 023.327	-23.327
3	11 070.01	5 164.10	4 186.01	11 986.84	9 985.478	14.522
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
499	10 831.43	5 057.36	4 117.75	12 030.80	9 828.450	171.550
500	11 222.53	5 300.42	4 342.14	11 899.00	10 141.826	-141.826

在2008年9月25日，DJIA的取值为11 022.06，2006年8月7日取值为11 219.38，2006年8月8日下跌为11 173.59，因此，DJIA在情形1下的取值为

$$11\ 022.06 \times \frac{11\ 173.59}{11\ 219.38} = 10\ 977.08$$

采用类似的方法，在情形1下，FTSE 100、CAC 40、日经225的取值分别为5 187.46、4 236.71、12 252.62，因此在情形1下，组合资产价值为（以1 000美元计）

$$4\ 000 \times \frac{10\ 977.08}{11\ 022.06} + 3\ 000 \times \frac{5\ 187.46}{5\ 197.00} + 1\ 000 \times \frac{4\ 236.71}{4\ 226.81} + 2\ 000 \times \frac{12\ 252.62}{12\ 006.53} = 10\ 021.502$$

因此，在情形1下，组合收益为21 502美元，对于其他情形，我们可以进行类似的运算。在图20-3中，我们显示了损失分布的直方图（直方图的柱条代表损失（以千美元计）出现在450至550、350至450、250至350的次数）。

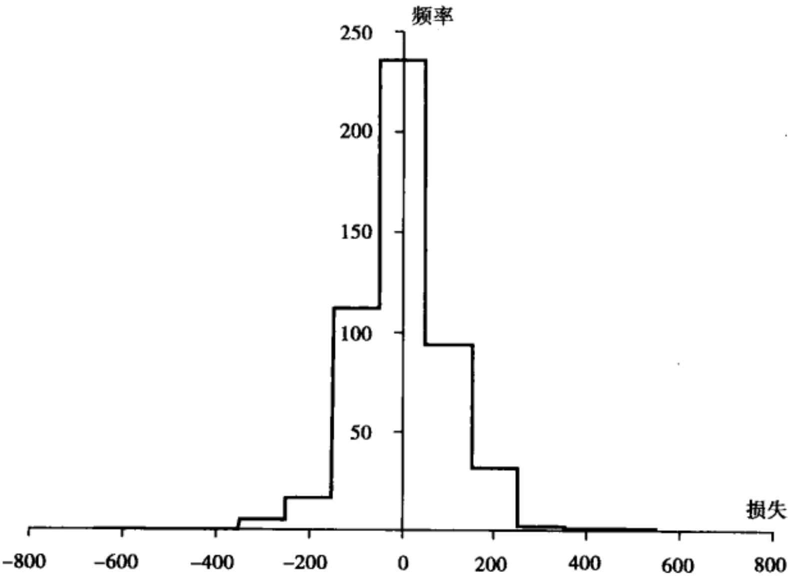


图20-3　2008年9月25日和26日之间损失分布的直方图（频率图）

将500个不同的损失进行排序，最终结果的一部分显示在表20-4中，损失最糟糕的情形对应

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

于情形 494，其中股指变化对应于雷曼兄弟破产那一天的股指变化。一天展望期及 99% 置信区间下的 VaR 对应于损失中第 5 个最糟的情形，即 247 571 美元。

如 20.1 节所示，10 天展望期即 99% 置信区间的 VaR 等于 $\sqrt{10}$ 乘以 1 天展望期即 99% 置信区间的 VaR，此时 10 天的 VaR 等于

$$\sqrt{10} \times 247\ 571 = 782\ 889$$

即 782 889 美元。

在我们的例子中，对每天的 VaR 进行估算时，应采用最近 501 天的数据，例如，考虑 2008 年 9 月 26 日(第 501 天)的情形，根据这一天的市场变化，我们可以确定所有市场变量所对应的新的价值，并由此计算出交易组合的价值。我们可以根据以前描述的过程来求得一个新的 VaR，在计算中采用 2006 年 8 月 8 日到 2008 年 9 月 26 日(第 1 天到第 501 天)的数据(我们可以用市场变量的百分比变化来确定 500 个观察值，2006 年 8 月 7 日，即第 0 天的数据将不再会被使用)。类似地，在下一个交易日，即 2008 年 9 月 29 日(第 502 天)，在计算 VaR 时，我们将采用 2006 年 8 月 9 日到 2008 年 9 月 29 日的数据；依此类推。

在实践中，一个银行的交易组合远比我们在这里考虑的情形复杂，银行的交易组合可能包括成千上万的头寸，其中某些头寸常常是远期合约、期权和其他衍生产品。每一天的 VaR 计算假设组合的构成在第二天没有改变。如果一家银行的交易使得组合变得风险更大，10 天 99% VaR 一般会增大。

表 20-4 500 个情形对应的损失的排序

情形	损失(1 000 美元)
494	499.395
339	359.440
329	341.366
349	251.943
487	247.571
131	241.712
227	230.265
495	227.332
441	225.051
376	217.945
306	211.797
365	202.970
242	200.116
238	199.467
477	188.758
⋮	⋮

在 VaR 计算中，我们考虑的市场变量包括汇率、商品价格和利率。对于利率，为了保证对相应的交易组合定价，银行常常需要不同货币的短期国债和 LIBOR/互换的零息利率期限结构，市场变量是从这些期限结构中得出(见第 4 章关于零息利率期限结构的计算)，任意货币的利率曲线都可能涉及十几个市场变量。

20.3 模型构建法

模型构建法，有时也被称为方差 - 协方差法，是除了历史模拟法之外，另外一种计算 VaR 的方法。在介绍细节之前，我们首先说明以下关于波动率计量的单位问题。

20.3.1 天波动率

对于期权定价，波动率的度量单位往往是“每年的波动率”；当我们采用模型构建法计算 VaR 时，对某资产的波动率的度量单位往往是“每天的波动率”。

期权定价中的年波动率与计算 VaR 时天波动率的转换关系是什么呢？定义 σ_{year} 为每年的波动率，σ_{day} 为每天的波动率，假定一年总共有 252 个交易日，式(13-4)给出了一年资产以连续复利计算的收益标准差 σ_{year}，或者为 $\sigma_{day}\sqrt{252}$，因此

$$\sigma_{year} = \sigma_{day}\sqrt{252}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

或

$$\sigma_{\text{day}} = \frac{\sigma_{\text{year}}}{\sqrt{252}}$$

该式显示，天波动率大约是年波动率的6%。

如13.3节所述，σ_{day}大约等于资产每天价格百分比变化的标准差，在计算VaR的过程中，我们这里的近似式为恒等式。因此，我们将资产价格（或其他市场变量）的波动率定义为资产价格每天的百分比变化的标准差。

我们在接下来的讨论中假设我们已经取得了对于天波动率以及相关系数的估计。在今后我们会讨论如何对这些参数进行估计。

20.3.2 单一资产情形

我们现在考虑当交易组合只包含单一资产时如何用模型构建法来计算VaR。假定交易组合只包含价值为1 000万美元的微软公司股票，在计算中我们选择10天的展望期，同时假定置信水平为99%。我们是在寻求10天展望期内在99%置信水平下，损失不能超出的数量。在计算过程中我们首先将展望期选定为一天。

假定微软公司股票的波动率为每天2%（对应于每年的波动率32%），因为交易头寸的数量为1 000万美元，因此交易组合每天价值变化的标准差为1 000万美元的2%，即200 000美元。

在模型构建法中，我们往往需要假设在展望期，市场价格变化的期望值为0，这一假设虽然不是完全正确，但却是一个合理假设。同标准差相比，市场变量在一个较小区间内价格变化的期望值相对较小。例如，微软公司的年收益大约是20%，以一天为计，预期收益大约是0.20/252 = 0.08%，与此对应，每天价格变化的标准差大约为2%。考虑10天的展望期，预期收益大约为0.08%×10即0.8%，而10天所对应的收益标准差为$2\% \times \sqrt{10}$，即6.3%。

截至目前，我们得出了微软公司股票每天价格变化的标准差为200 000美元，并且（在近似意义上）每天价格变化的均值为0。我们假定价格的变化服从正态分布。[⊖] 因为$N(-2.33) = 0.01$，我们得出在正态分布下，价格下跌大于2.33倍标准差的概率为1%；另外一种等价的说法是，在正态分布下，我们有99%的把握肯定价格下跌不会超过2.33倍的标准差。因此，我们得出1 000万美元的微软股票的一天展望期的99% VaR等于

$$2.33 \times 200\,000 = 466\,000 \text{ 美元}$$

假定微软股票在天与天之间变化相互独立，因此N天的VaR等于一天的VaR乘以$\sqrt{N}$，因此10天的99% VaR等于

$$466\,000 \times \sqrt{10} = 1\,473\,621 \text{ 美元}$$

接下来我们考虑价值为500万美元的AT&T股票投资。假定，AT&T股票每天价格波动率为1%（这对应于每年16%），采用与微软股票类似的计算，我们得出AT&T的每天价格变化的标准差为

$$5\,000\,000 \times 0.01 = 50\,000 \text{ 美元}$$

假定价格的变化为正态分布，一天展望期的99% VaR等于

$$50\,000 \times 2.33 = 116\,500 \text{ 美元}$$

10天展望的99% VaR等于

⊖ 为了保证与第13章期权定价的假设一致，我们可以假定微软股票价格在明天的分布为对数正态（lognormal），因为一天展望期的时间太短，在这里对数正态假设与我们以前所做的正态的假设几乎没有什么区别。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$116\ 500 \times \sqrt{10} = 368\ 405 \text{ 美元}$$

20.3.3 两个资产的情形

现在我们考虑由价值 1 000 万美元的微软股票及价值 500 万美元的 AT&T 股票所构成的交易组合。假定微软及 AT&T 的股票价格变化服从二元正态分布，分布中的相关系数为 0.3。由统计学中一个标准的结果可以得出，如果变量 X 及 Y 的方差分别为 σ_X 及 σ_Y，变量的相关系数为 ρ，那么 $X+Y$ 的标准差为

$$\sigma_{X+Y} = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + 2\rho\sigma_X\sigma_Y}$$

在应用这一结果时，我们令 X 为微软股票价格每天的价格变化，令 Y 为 AT&T 股票价格每天的价格变化

$$\sigma_X = 200\ 000 \quad \text{及} \quad \sigma_Y = 50\ 000$$

因此，由两种股票所组成的交易组合的标准差为

$$\sqrt{200\ 000^2 + 50\ 000^2 + 2 \times 0.3 \times 20\ 000 \times 50\ 000} = 220\ 227$$

我们得出一天展望期的 99% VaR 等于 220 227 × 2.33 = 513 129 美元，而 10 天展望期为 99% VaR 等于 $\sqrt{10} \times 513\ 129 = 1\ 622\ 657$ 美元。例 20-1 对此进行了说明。

【例 20-1】 对于一个简单情形计算 VaR

某公司持有价值 1 000 万美元微软股票和价值 500 万美元 AT&T 股票的交易组合。微软公司股票的波动率为每天 2%，AT&T 的每天价格波动率为 1%，微软及 AT&T 的股票收益的相关系数为 0.3。

VaR 的计算：

(1) 微软公司的股票每天价格变化的标准差为

10 000 000 × 0.02 = 200 000 美元

(2) AT&T 公司的股票每天价格变化的标准差为

5 000 000 × 0.01 = 50 000 美元

(3) 由两种股票所组成的交易组合的标准差为

$\sqrt{200\ 000^2 + 50\ 000^2 + 2 \times 0.3 \times 20\ 000 \times 50\ 000} =$ 220 227 美元

(4) 我们得出一天展望期的 99% VaR 等于

220 227 × 2.33 = 513 129 美元

(5) 10 天展望期 99% VaR = $\sqrt{10} \times 513\ 129 =$ 1 622 657美元。

20.3.4 风险分散的收益

我们以上考虑的例子满足以下性质：

(1) 由单一微软股票组成的交易组合的 10 天展望期的 99% VaR 等于 1 473 621 美元。

(2) 由单一 AT&T 股票组成的交易组合 10 天展望期的 99% VaR 等于 368 405 美元。

(3) 由微软及 AT&T 两种股票组成的交易组合的 10 天展望期的 99% VaR 等于 1 622 657 美元。即

$$(1\ 473\ 621 + 368\ 405) - 1\ 622\ 657 = 219\ 369 \text{ 美元}$$

代表风险分散的收益。如果微软及 AT&T 的相关系数等于 1，由微软及 AT&T 共同组成的交易组合的 VaR 等于微软的 VaR 加上 AT&T 的 VaR，小于 1 的相关系数会造成部分风险被分散化解 (diversified away)。[⊖]

⊖ Harry Markowitz 是研究交易组合风险分散收益的先驱之一，他在 1990 年获得诺贝尔奖，见 H. Markowitz, "Portfolio Selection," *Journal of Finance*, 7, 1(March 1952), 77-91。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

20.4 线性模型的推广

以上讨论的例子是采用线性模型来计算 VaR 的特例。假定我们持有的交易组合价值为 P，其中含有 n 个不同资产。数量为 α_i 的资金被投资到了资产 $i(1\leqslant i\leqslant n)$ 中。定义 Δx_i 为资产 i 在一天内的收益率，投资 α_i 于资产 i 所产生的日收益为 $\alpha_i\Delta x_i$。我们有关系式

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n}\alpha_i\Delta x_i \tag{20-1}$$

式中，ΔP 为整个交易组合实际的价值变化。

在例 20-1 中，第 1 项资产为价值 1 000 万美元的微软股票，第 2 项资产为价值 500 万美元的 AT&T 股票，因此 $\alpha_1=10$，$\alpha_2=5$ 及

$$\Delta P = 10\Delta x_1 + 5\Delta x_2$$

这里的计量单位为百万。如果我们假定式(20-1)中的 Δx_i 服从多元正态分布，那么 ΔP 也服从正态分布。为了计算 VaR，我们只需要计算出 ΔP 的期望值及标准差。由上一节里任意一项 Δx_i 的期望值都为 0 的假设出发，我们得出 ΔP 的期望值也为 0。

为了计算 ΔP 的标准差，我们假定 σ_i 为第 i 项资产的天波动率，ρ_{ij}为资产 i 及资产 j 的相关系数，这意味着 Δx_i 的标准差为 σ_i，Δx_i 及 Δx_j 的相关系数为 ρ_{ij}，将 ΔP 的方差记为 σ_P^2，我们有

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\rho_{ij}\alpha_i\alpha_j\sigma_i\sigma_j \tag{20-2}$$

该式也可以写成

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^{n}\alpha_i^2\sigma_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n}\sum_{j<i}\rho_{ij}\alpha_i\alpha_j\sigma_i\sigma_j$$

N 天展望期的标准差为 $\sigma_P\sqrt{N}$，因此 N 天展望期的 99% VaR 等于 $2.33\sigma_P\sqrt{N}$。

组合一天的回报为 $\Delta P/P$，根据式(20-2)，其方差为

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}\rho_{ij}w_iw_j\sigma_i\sigma_j$$

其中 $w_i=\alpha_i/P$ 是第 i 个投资的权重。这最早是由马科维茨提出的理论。

在例 20-1 中，$\sigma_1=0.02$，$\sigma_2=0.01$，$\rho_{12}=0.3$，在前面我们曾指出 $\alpha_1=10$，$\alpha_2=5$，因此

$$\sigma_P^2 = 10^2\times0.02^2 + 5^2\times0.01^2 + 2\times10\times5\times0.3\times0.02\times0.01 = 0.048\ 5$$

即 $\sigma_P=0.220$，这一数量为交易组合每天价值变化的标准差(以百万美元计)，10 天展望的 99% VaR 等于 $2.33\times0.220\times\sqrt{10}=162.3$ 万美元，这与例 20-1 所计算的数值完全一致。

20.4.1 相关性矩阵和协方差矩阵

相关性矩阵的第 i 行和 j 列为变量 i 和 j 的相关系数 ρ_{ij}，矩阵如表 20-5 所示。因为变量与自身永远具有完美的相关性，相关性矩阵对角元素为 1，另外，因为 $\rho_{ij}=\rho_{ji}$，矩阵为对称，将相关性矩阵与变量每天变化的标准差结合，我们可以利用式(20-2)来计算组合的方差。

表 20-5 相关性矩阵：变量 i 和 j 的相关系数 ρ_{ij}

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \cdots & \rho_{2n} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \cdots & \rho_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \rho_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

与直接对相关系数和波动率进行运作相对，分析人员常常使用方差和协方差，变量 i 每天变化的方差 var_i 等于每天波动率的平方，即

$$\text{var}_i = \sigma_i^2$$

变量 i 和 j 的协方差等于变量 i 每天波动率、变量 j 每天波动率、变量 i 和 j 的相关系数 ρ_{ij} 的乘积，即

$$\text{cov}_{ij} = \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}$$

式(20-2)组合的方差可以表达为

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \text{cov}_{ij} \alpha_i \alpha_j \tag{20-3}$$

在一个**协方差矩阵**(covariance matrix)中，第 i 行和 j 列的元素为变量 i 和 j 的协方差。正如刚刚描述的那样，一个变量与自身的协方差等于方差本身，协方差矩阵的对角元为方差(见表 20-6)。正是由于这个原因，协方差矩阵有时也被称为是**方差 - 协方差矩阵**(variance-covarience matrix)，类似于相关性矩阵，协方差矩阵也为对称。利用矩阵符号，式(20-3)变为

$$\sigma_P^2 = \boldsymbol{\alpha}^T \boldsymbol{C} \boldsymbol{\alpha}$$

其中 $\boldsymbol{\alpha}$ 为第 i 元为 α_i 的向量，$\boldsymbol{C}$ 为方差 - 协方差矩阵，$\boldsymbol{\alpha}^T$ 为 $\boldsymbol{\alpha}$ 的转置。

方差和协方差一般是从历史数据求得的，我们将在第 20.2 节中通过举例详细阐述。

表 20-6 方差协方差矩阵

$$\begin{bmatrix} \text{var}_1 & \text{cov}_{12} & \text{cov}_{13} & \cdots & \text{cov}_{1n} \\ \text{cov}_{21} & \text{var}_2 & \text{cov}_{23} & \cdots & \text{cov}_{2n} \\ \text{cov}_{31} & \text{cov}_{32} & \text{var}_3 & \cdots & \text{cov}_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{cov}_{n1} & \text{cov}_{n2} & \text{cov}_{n3} & \cdots & \text{var}_n \end{bmatrix}$$

20.4.2 如何处理利率变量

在风险分析过程中，我们不可能对每一个债券以及公司所面临的每一种利率风险都定义为一个单独的市场变量。在计算过程中我们必须进行一定的简化。一种简化方式是选择以下期限的零息债券的价格作为市场变量：1 月、3 月、6 月、1 年、2 年、5 年、7 年、10 年及 30 年。在计算 VaR 时，任意一个产品的现金流都要被映射到以上列出的标准期限。考虑头寸为 100 万美元的债券，债券期限为 1.2 年，债券的券息为 6%，券息一年复利两次，这一债券在 0.2 年、0.7 年及 1.2 年发放券息，并在 1.2 年债券偿还本金。此债券是由期限为 0.2 年 30 000 美元无券息债券，期限为 0.7 年 30 000 美元无券息债券与期限为 1.2 年 1 030 000 美元无券息债券叠加而成。在映射过程中，0.2 年的头寸被等价的 3 个月及 6 个月头寸取代，0.7 年的头寸被等价的 6 个月及 1 年头寸取代，1.2 年的头寸被等价的 1 年及 2 年头寸取代。因此，我们持有的 1.2 年期带息债券分别被映射为 1 个月、3 个月、6 个月、1 年及 2 年的无息债券。

这里描述的过程被称为**现金流映射**(cash-flow mapping)。附录 20A 中列示了一种进行现金流映射的方法。注意，在历史模拟法中，我们不需要进行现金流映射，因为我们在考虑每一个情形时，整体的利率结构已经在息票剥离方法中进行了估算。

20.4.3 线性模型的应用

线性模型最简单的应用是当交易组合不包含任何有关股票、债券、外汇或商品期权的情形，交易组合不含有期权产品时，其价格的变化同交易组合里的构成资产价格呈线性关系。注意，在 VaR 计算过程中，所有变量都应以本国货币为基准。例如，美国的一些规模较大的银行所考虑的

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

市场变量可能会包括由美元来计量的日经225指数或由美元来计量的10年期英国政府零息债券，等等。

线性模型能够适用的衍生品包括标的资产（变量）为汇率的远期合约或利率互换。假如某汇率远期合约的期限为 T，这一合约可以被理解为在合约到期时外国零息债券同本国零息债券的交换，这里的两种债券期限均为 T。为了计算 VaR，我们将远期合约处理为外国债券的长头寸与本国债券短头寸的线性组合（在前面我们曾指出，外国债券的计量也要以本国货币为基准）。在计算中，任何一种债券都要经过现金流映射处理。经过处理以后，远期合约就变成了某些标准期限的零息债券线性组合。

接下来让我们考虑利率互换。利率互换可以被理解成浮动利息债券与固定利息债券的交换。固定券息也就是一般的带息债券，浮动券息债券在下一个付息日后的价格刚好等于面值，浮动券息债券可以被处理为期限刚好等于下一个付息日的零息债券，因此利率互换可以转换为债券的长头寸与短头寸的组合。在这一基础上，我们可以采用一般的现金流映射来对交易组合的现金流进行处理。

20.4.4 线性模型与期权

我们现在考虑如何将线性模型用于期权产品，首先假设交易组合由某股票的期权组成，标的资产的当前价格为 S，期权 Delta 为 δ[⊖]（由第17章中的计算方式求得），因为 δ 为交易组合价格变化与 S 变化的比率，我们有以下近似式

$$\delta = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

即

$$\Delta P = \delta \Delta S \tag{20-4}$$

式中，ΔS 为股票价格的一天的价格变化；ΔP 是通常意义下交易组合一天的价值变化。我们定义 Δx 为股票价格在一天内的收益率，因此

$$\Delta x = \frac{\Delta S}{S}$$

ΔP 与 Δx 有以下近似关系式

$$\Delta P = S\delta\Delta x$$

当交易组合包含几种不同标的资产的期权时，我们可以导出 ΔP 与 Δx_i 之间的近似关系式

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} S_i \delta_i \Delta x_i \tag{20-5}$$

式中，S_i 为第 i 项市场变量的价格；δ_i 为第 i 项期权的 Delta。我们可以得出类似式（20-1）的近似关系式

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} w_i \Delta x_i$$

式中，$w_i = S_i\delta_i$。至此，我们可以利用式（20-2）来计算 ΔP 的标准差。以上过程在例20-2中有进一步说明。

⊖ 通常我们将交易组合 Delta 及 Gamma 分别记为 Δ 及 Γ，在这一节以及以后的一节里，我们将采用小写字母 δ 及 γ，这样做可以避免过多采用符号 Δ。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

【例 20-2】 对期权采用线性模型

假定一交易组合是由标的资产为微软股票及 AT&T 股票的期权所组成，微软期权的 Delta 为 1 000，AT&T 期权的 Delta 为 20 000，微软股票的价格为 120 美元，AT&T 的股票价格为 30 美元。由式(20-4)，我们得出以下近似式

$$\Delta P = 120 \times 1\,000 \times \Delta x_1 + 30 \times 20\,000 \times \Delta x_2$$

即

$$\Delta P = 120\,000 \times \Delta x_1 + 600\,000 \times \Delta x_2$$

式中，Δx_1 与 Δx_2 分别为微软及 AT&T 股票的日收益率，ΔP 为股票收益率所触发交易组合一天的价值变化（这一交易组合等价于 120 000 美元的微软投资与 600 000 美元的 AT&T 投资的组合）。假定微软价格每天的波动率为 2%，AT&T 价格每天的波动率为 1%，微软价格变化与 AT&T 价格变化的相关系数为 0.3，我们得出 ΔP 的标准差（以千美元计）为

$$\sqrt{(120 \times 0.02)^2 + (600 \times 0.01)^2 + 2 \times 120 \times 0.02 \times 600 \times 0.01 \times 0.3} = 7.099$$

因为 $N(-1.65) = 0.05$，5 天展望期的 95% VaR 等于

$$1.65 \times \sqrt{5} \times 7\,099 = 26\,193 \text{ 美元。}$$

20.5 二次模型

当交易组合含有期权产品时，线性模型只是一个近似模型。线性模型不考虑交易组合的 Gamma 项。如第 17 章所述，Delta 定义为交易组合价值变化随标的市场变量价格变化的比率，Gamma 定义为交易组合 Delta 随标的市场变量价格变化的比率。Gamma 是为了测量交易组合价值与市场变量价格关系式中的凸率。

图 20-4 显示了非零的 Gamma 对于交易组合价值分布的影响，当 Gamma 为正时，概率分布通常具有正偏性（positively skewed）；而 Gamma 为负时，概率分布通常具有负偏性（negatively skewed）。图 20-5 及图 20-6 解释了产生这一现象的原因。图 20-5 显示了一期权长头寸价格同标的资产的关系，一个看涨期权长头寸具有正 Gamma 产品的特例。图 20-5 显示当标的资产某天的概率分布为正态分布时，相应期权价格的概率分布具有正偏性态。[⊖] 图 20-6 显示了一期权短头寸价格同标的资产的关系，期权短头寸的 Gamma 为负，此时我们看到，当标的资产某天的概率分布为正态分布时，相应的期权价格的概率分布具有负偏性。

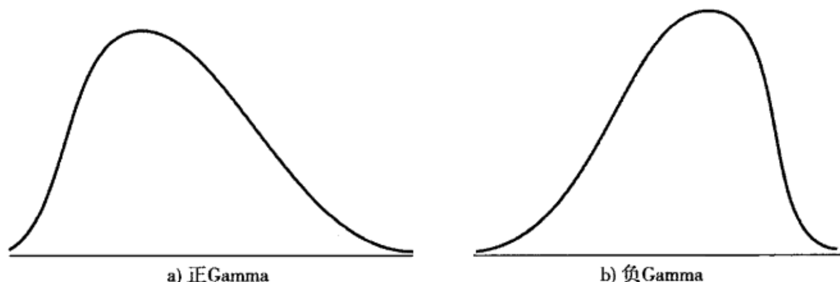


图 20-4 交易组合价值的概率分布

一个投资组合的 VaR 直接取决于投资组合价格分布左端的尾部。例如，当置信水平为 99% 时，分布左端小于 VaR 的数量占整体分布的 1%。图 20-4a 及图 20-5 显示，具有正 Gamma 的交易

⊖ 如前所述，对应于较小的时间区间，正态分布是对数的正态分布的很好近似。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

组合同正态分布相比，左端分布较为瘦小，在正态分布的假设下得出的 VaR 会偏高。[⊖]类似地，由图 20-4b 及图 20-6 显示，具有负 Gamma 的交易组合同正态分布相比，左端分布较为肥大，在正态分布的假设下得出 VaR 会偏低。

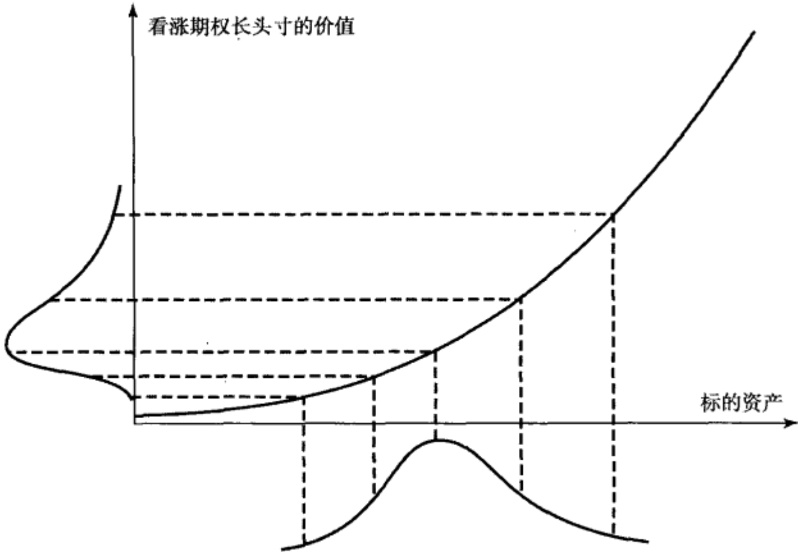


图 20-5 具有正态分布的标的资产与期权的长头寸的概率分布的对应关系

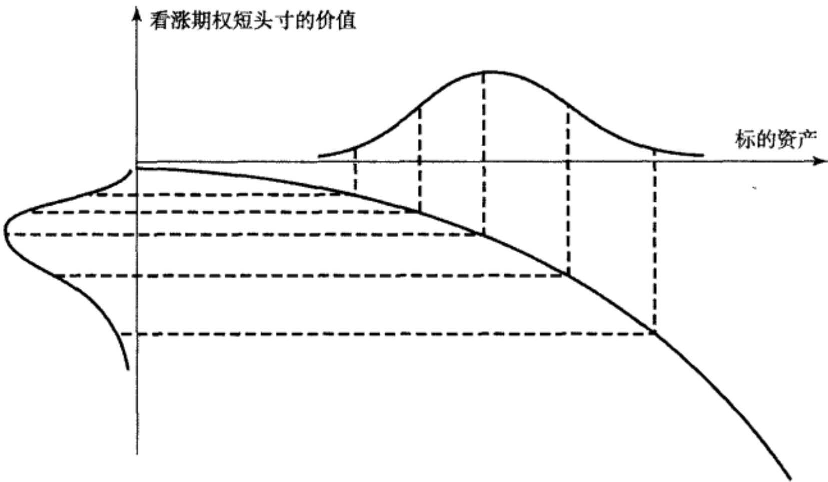


图 20-6 具有正态分布的标的资产的概率分布与短头寸期权的概率分布的对应关系

为了提供一个比线性模型更为精确的 VaR 估计，我们可以在 ΔP 与 Δx_i 关系式中既考虑 Delta 又考虑 Gamma。考虑一交易组合，其价格与单一资产价格 S 有关，假定 δ 及 γ 为交易组合的 Delta 与 Gamma。对式(20-3)的一个改进是

$$\Delta P = \delta \Delta S + \frac{1}{2}\gamma(\Delta S)^2$$

令

⊖ 在绝对值意义下。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$\Delta x = \frac{\Delta S}{S}$$

由此得出

$$\Delta P = S\delta\Delta x + \frac{1}{2}S^2\gamma(\Delta x)^2 \tag{20-6}$$

当交易组合价值与多个变量有关时，我们可以得出一个类似的二次模型(quadratic model)。一种计算 VaR 的方法是将二次模型与蒙特卡罗模拟法并用。这种方法同历史模拟法相似，其不同之处是市场变量的变化是从一个多元分布中抽样而得，而不是由历史数据来计算。另外，此时交易组合价值变化是从二次模型中计算得出的。

20.6 估计波动率与相关系数

模型构建法需要利用市场变量的波动率以及变量之间的相关系数等。我们接下来考虑如何计算这些参数。

定义 σ_n 为第 $n-1$ 天所估计的市场变量在第 n 天的波动率(这里符号有一个变动，在本章的开头我们曾用 σ_n 来表示第 n 个变量的标准差)，σ_n 的平方为第 n 天的**方差率**(variance rate)。13.4 节介绍了由历史数据估算 σ_n 的标准计算方式。假定市场变量在 i 天末的价格为 S_i。定义 u_i 为在第 i 天按连续复利的收益率(第 $i-1$ 天末至第 i 天末)，

$$u_i = \ln\frac{S_i}{S_{i-1}}$$

一种估计 σ_n^2 的方法是利用有关 u_i 最近 m 天的观察数据，一个对每天方差的无偏差估计是

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m-1}\sum_{i=1}^{m}(u_{n-i} - \bar{u})^2 \tag{20-7}$$

式中，$\bar{u}$ 为 u_i 的平均值

$$\bar{u} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}u_{n-i}$$

当式(20-7)被用于测量波动率时，常常会做以下改动：

(1) u_i 被定义为市场变量在第 $i-1$ 天末与第 i 天末的价格百分比变化，即[⊖]

$$u_i = \frac{S_i - S_{i-1}}{S_{i-1}} \tag{20-8}$$

(2) $\bar{u}$ 被假设为 0。[⊜]

(3) $m-1$ 被 m 代替。

以上三种变化对于估算出的方差影响不大。这使得式(20-7)变成了

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}u_{n-i}^2 \tag{20-9}$$

式中的 u_i 由式(20-8)给出。

20.6.1 指数加权移动平均(EWMA)

在式(20-9)中，每项 u_{n-1}^2，u_{n-2}^2，…，u_{n-m}^2 都有相同的权重。既然我们的目标是估计当前波

⊖ 这一点与第 20.3 节计算 VaR 时波动率的定义方式一致。

⊜ 如同第 20.3 节中的解释，这一假设对所估算的方差影响不大，这是因为同方差进行比较，变量每一天的预期变动非常小。这一假设的另一种变形为：我们可以定义 u_i 为在第 i 天的真实收益与预期收益的差。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

动率 σ_n 的水平，那么将较多的权重应用在最新数据上会更有意义，一种这样的模型是

$$\sigma_n^2 = \sum_{i=1}^{m} \alpha_i u_{n-i}^2 \tag{20-10}$$

变量 α_i 为第 i 天前一观察值所对应的权重，α 的值为正。当选择这些变量时需要保证在 $i>j$ 时，$\alpha_i<\alpha_j$，也就是说，我们将更少的权重施予更陈旧的数据上。权重之和必须为 1，即

$$\sum_{i=1}^{m} \alpha_i = 1$$

指数加权移动平均模型是式(20-10)的一个特殊形式，其权重 α_i 随着回望时间加长而按指数速度递减。这一模型的特殊形式为 $\alpha_{i+1}=\lambda\alpha_i$，其中 λ 是介于 0 与 1 之间的某一常数。

在以上特殊假设下，更新波动率的简单公式为

$$\sigma_n^2 = \lambda\sigma_{n-1}^2 + (1-\lambda)u_{n-1}^2 \tag{20-11}$$

第 n 天波动率(在第 $n-1$ 天估算)σ_n 由第 $n-1$ 天波动率(在第 $n-2$ 天估算)σ_{n-1}及最近一天变化率 u_{n-1}的数据来决定。例 20-3 是式(20-11)的一个应用。

【例 20-3】 采用 EWMA 模型来更新波动率

EWMA 模型中的 λ 为 0.90，对应于第 $n-1$ 天由市场变量所估测的波动率为每天 1%。在第 $n-1$ 天，市场变量增加了 2%，这意味着 $\sigma_{n-1}^2=0.01^2=0.000\,1$ 以及 $u_{n-1}^2=0.02^2=0.000\,4$，由式(20-11)，我们得出

$$\sigma_n^2=0.9\times0.000\,1+0.1\times0.000\,4=0.000\,13$$

因此，第 n 天波动率 σ_n 的估计为 $\sqrt{0.000\,13}$，即每天 1.14%。注意，u_{n-1}^2 的期望值为 σ_{n-1}^2，也就是 0.0001，这一例子中的 u_{n-1}^2所对应的实际值比期望值要大，因此我们对于波动率的估计会逐渐增加。当 u_{n-1}^2 的实际数值小于期望值时，我们对于波动率的估计值会逐渐减小。

为了说明式(20-11)的权重以指数速度下跌，我们将 σ_{n-1}^2代入公式之中得出

$$\sigma_n^2=\lambda[\lambda\sigma_{n-2}^2+(1-\lambda)u_{n-2}^2]+(1-\lambda)u_{n-1}^2$$

即

$$\sigma_n^2=(1-\lambda)(u_{n-1}^2+\lambda u_{n-2}^2)+\lambda^2\sigma_{n-2}^2$$

代入 σ_{n-2}^2项，进一步得出

$$\sigma_n^2=(1-\lambda)(u_{n-1}^2+\lambda u_{n-2}^2+\lambda^2u_{n-3}^2)+\lambda^3\sigma_{n-3}^2$$

重复计算，我们得出

$$\sigma_n^2 = (1-\lambda)\sum_{i=1}^{m}\lambda^{i-1}u_{n-i}^2+\lambda^m\sigma_{n-m}^2$$

当 m 很大时，$\lambda^m\sigma_{n-m}^2$项数量小得可以忽略，所以当 $\alpha_i=(1-\lambda)\lambda^{i-1}$时，式(20-11)与式(20-10)等价，对应于 u 的权重以 λ 速度递减，每一项的权重是前一项权重与 λ 的乘积。

EWMA 方法的特点是需要相对较少的数据。对于任一时刻，我们只需要记忆对当前波动率的估计以及市场变量的最新观察值。当我们得到市场变量的最新观察值后，将它用于式(20-11)以更新对方差的估计。老的方差估计以及老的市场变量可以被舍弃。

EWMA 方法的出发点是对波动率进行跟踪监测，假定市场在 $n-1$ 天有一较大的变化，因此 u_{n-1}^2也相应大，由式(20-11)可以看出，这时对当前变化率的估计会有所增加。数值 λ 决定了天波动率估计对于最新市场价格变化的反应速度，在计算 σ_n 时，对应于 u_{n-1}^2项，一个较低的 λ 会对应一个较大的权重，在这一情形下，每天连续估算的波动率也会很大；一个较大的 λ(接近于 1)会促成一个较小的权重，这时波动率估计对应于新变化的反应也会较为迟钝。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

20.6.2 相关系数

两个变量 X 和 Y 的相关系数被定义为

$$\frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

式中，σ_X 和 σ_Y 分别为 X 和 Y 的标准差，cov(X, Y)为 X 和 Y 之间的协方差。

X 和 Y 之间协方差的定义为

$$E[(X-\mu_X)(Y-\mu_Y)]$$

式中，μ_X 和 μ_Y 分别为 X 和 Y 的均值，E 代表预期值。虽然我们更容易理解相关系数，但协方差才是我们关心的关键变量。

考虑两个不同的市场变量 U 和 V。定义 u_i 和 v_i 为变量 U 及 V 在第 i 天与第 $i-1$ 天的收益率收益：

$$u_i = \frac{U_i - U_{i-1}}{U_{i-1}}, \quad v_i = \frac{V_i - V_{i-1}}{V_{i-1}}$$

式中，U_i 和 V_i 分别为 U 和 V 在第 i 天的取值。我们再定义：

$\sigma_{u,n}$——在第 n 天估算的，变量 U 的天波动率；

$\sigma_{v,n}$——在第 n 天估算的，变量 V 的天波动率；

cov_n——在第 n 天估算的，变量 U 与变量 V 的协方差。

第 n 天的变量 U 与变量 V 的相关系数的估计值为

$$\frac{\text{cov}_n}{\sigma_{u,n}\sigma_{v,n}}$$

假定的 u_i 和 v_i 的均值为零，采用同样的权重来估计变量 U 和 V 每天变化的方差，得出关系式

$$\sigma_{u,n}^2 = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} u_{n-i}^2 \quad 及 \quad \sigma_{v,n}^2 = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} v_{n-i}^2$$

类似的方法可被用来估计 U 及 V 的协方差，即

$$\text{cov}_n = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} u_{n-i}v_{n-i} \tag{20-12}$$

一种更新协方差的 EWMA 模型同式(20-11)相似

$$\text{cov}_n = \lambda \text{cov}_{n-1} + (1-\lambda)u_{n-1}v_{n-1} \tag{20-13}$$

与 EWMA 模型中的分析相似，我们可以证明对应于数据 $u_{n-1}v_{n-1}$ 的权重随着 i 的增加而逐渐降低。λ 的值越小，对于近期数据的权重也越大。例 20-4 是式(20-13)的一个应用。

【例 20-4】 采用 EWMA 模型来更新相关系数

EWMA 模型中的参数 $\lambda=0.95$，变量 U 和 V 在 $n-1$ 天的相关系数估计值为 0.6，同时我们又假设变量 U 及 V 在 $n-1$ 天的波动率估计值分别为 1% 及 2%。由协方差及相关系数的关系式，在第 $n-1$ 天的协方差估计值为

$$0.6 \times 0.01 \times 0.02 = 0.000\,12$$

假定变量 X 与 Y 在 $n-1$ 天的百分比变化分别为 0.5% 及 2.5%，在第 n 天方差及协方差的估计值分别为

$$\sigma_{u,n}^2 = 0.95 \times 0.01^2 + 0.05 \times 0.005^2 = 0.000\,096\,25$$

$$\sigma_{v,n}^2 = 0.95 \times 0.02^2 + 0.05 \times 0.025^2 = 0.000\,411\,25$$

$$\text{cov}_n = 0.95 \times 0.000\,12 + 0.05 \times 0.005 \times 0.025 = 0.000\,120\,25$$

变量 X 的最新波动率估计为 $\sqrt{0.000\,096\,25} = 0.981\%$，变量 Y 的最新波动率估计值为 $\sqrt{0.000\,411\,25} = 2.028\%$，$U$ 及 V 的最新相关系数为

$$\frac{0.000\,120\,25}{0.009\,81 \times 0.020\,28} = 0.604\,4$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

20.6.3 涉及4个投资的例子

我们现在考虑第20.2节讨论的例子，这涉及一个在2008年9月25日，投资400万美元于道琼斯工业平均指数(DJIA)、300万美元于FTSE 100、100万美元于CAC 40和200万美元于日经225的投资组合，我们采集了截至2008年9月25日为止500天的历史数据，读者可以在网页www.rotman.utoronto.ca/~hull/VaRExample下载这些数据和有关计算表。

基于2008年9月25日，如表20-7所示对500个回报数据采用等权重的方法求得的相关性矩阵，结果显示，FTSE 100和CAC 40具有很高的相关性，DJIA和与FTSE 100和CAC 40有一定程度的高相关性，日经225与其他指数的相关性不像其他指数之间那么强。

表20-7 投资组合的相关性矩阵

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.534 & 0.569 & 0.124 \\ 0.534 & 1 & 0.926 & 0.402 \\ 0.569 & 0.926 & 1 & 0.409 \\ 0.124 & 0.402 & 0.409 & 1 \end{bmatrix}$$

表20-8显示了协方差矩阵，由式(20-3)可知，以上方差-协方差所给出的组合损失的方差为9 498.014(以千美元计)，标准差是以上数量的平方根，即97.46，在99%置信区间的VaR为2.33×97.46=226 721美元，我们可以将这一结果与由标准历史模拟法产生的结果(即247 541美元)进行比较。

表20-8 投资组合的协方差矩阵

$$\begin{bmatrix} 0.0001227 & 0.0000760 & 0.0000845 & 0.0000202 \\ 0.0000760 & 0.0001649 & 0.0001594 & 0.0000757 \\ 0.0000845 & 0.0001594 & 0.0001795 & 0.0000804 \\ 0.0000202 & 0.0000757 & 0.0000804 & 0.0002156 \end{bmatrix}$$

20.6.4 利用EWMA模型

与利用对所有的市场回报采用等权重相比，我们可以利用几何加权移动平均方法(EWMA)来计算方差-协方差，其中参数λ为0.94，表20-9显示了通过这种方法得出的方差-协方差矩阵。[⊖]由式(20-3)得出组合损失的方差为45 570.235(以千美元计)，标准差是以上数量的平方根，即213.472，在99%置信区间的VaR为

$$2.33\times 213.472=496.610$$

表20-9 投资组合的方差-协方差矩阵

$$\begin{bmatrix} 0.0004896 & 0.00004324 & 0.0004379 & 0.0000763 \\ 0.0004324 & 0.0009006 & 0.0008801 & 0.0004202 \\ 0.0004379 & 0.0008801 & 0.0008986 & 0.0003902 \\ 0.0000763 & 0.0004202 & 0.0003902 & 0.0004232 \end{bmatrix}$$

以上结果比由等权重所求得结果的两倍还要高，表20-10和20-11说明了原因。一个由资产长头寸所组合资产的标准差会随资产的标准差的增大以及相关系数的增大而增大。表20-10显示，由EWMA得出的标准差比由等权重得出的标准差要高得多，这是因为与2008年9月25日紧挨的

⊖ 在EWMA方法中，方差最初可以被设定为所有观察值的方差，但由任意一个合理的初始方差所得出的最终结果都十分接近，而我们只是关心最终的方差结果。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

前一段的历史数据的波动率比其他的500天数据的波动率要高得多，比较表20-11 和表20-7，我们发现由 EWMA 得出的相关系数也比由等权重得出的相关系数要高得多。[⊖]

表 20-10 等权重和 EWMA 得出的波动率

	DJIA	FTSE 100	CAC40	日经 225
等权重:	1.11	1.28	1.34	1.47
EWMA:	2.21	3.01	3.00	2.06

表 20-11 投资组合方差 - 协方差矩阵

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.649 & 0.660 & 0.168 \\ 0.649 & 1 & 0.975 & 0.678 \\ 0.660 & 0.975 & 1 & 0.633 \\ 0.168 & 0.678 & 0.633 & 1 \end{bmatrix}$$

20.7 不同方法的比较

我们讨论了两种计算 VaR 的方法——历史模拟法及模型构建法。模型构建法的优点是计算速度快，并且这一方法可以与波动率更新法，例如 EWMA 方法，较为容易地结合到一起。模型构建法的主要缺点在于市场变量为多元正态分布的假设。在实践中，市场变量每天的变化的分布往往与正态分布不同(见表 19-1 中的实例)。再有，对于具备较低的 Delta 的交易组合，模型构建法的精度较差。

历史模拟法的优点是，由历史数据就可以决定市场变量的联合分布，因而避免了现金流映射过程。历史模拟法的主要缺点是其计算速度较慢，并且不太容易与波动率更新法并用。

20.8 压力测试与回顾测试

在计算 VaR 的同时，许多公司也对其资产组合进行压力测试。压力测试的目的是检验资产组合在过去 10~20 年所出现的极端市场条件下的表现。

例如，为了检测美国市场股票的极端变化对交易组合价值的影响，一家公司可能会假设市场变量的变化率与 1987 年 10 月 19 日市场变量的变化率相同(在 1987 年 10 月 19 日这一天，标准普尔 500 的变化等于其标准差的 22.3 倍)。如果这一情形被认为太极端，这家公司也许会选择 1988 年 1 月 8 日的情形(这一天标准普尔 500 的变化等于其标准差的 6.8 倍)。为了检测英国利率的极端变化对交易组合的影响，某家公司可能会假设市场的变化率与 1992 年 4 月 10 月的市场变量的变化率相同，在这一天 10 年政府债券收益率变化等于其标准差的 7.7 倍。

压力测试考虑的情形往往是在正常的 VaR 模型中不会出现的极端情形。这些情形在 VaR 模型的假设下不会出现，可是在实际生活中，这些极端的情形仍有可能发生。某天的市场变化超出了 5 倍的波动率就是一种极端事件，在正态分布的假设下，这种事件每 7 000 年才可能发生一次，而在实际生活中这种情形并不是千年不遇，一天的市场变化为 5 倍的波动率的事件每 10 年会发生一到两次。

2007 年金融危机之后，监管机构已经提议计算 VaR，其计算是基于一年期压力情景下市场变量的变化(比如 2008 年)。

⊖ 在市场下跌时，相关性会增大，这一例子说明了这一点。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

不管采用什么样的方法来计算 VaR，一个重要的现实检验为**回顾测试**(back testing)。假定，我们开发出一个计算一天的 99% VaR 的模型，在回顾测试中，我们要找出来交易组合的每天损失有多少次超出了一天的 99% VaR。如果超出了一天的 99% VaR 的天数大约占整体天数的 1%，我们应该对我们 VaR 模型的表现感到欣慰。但是，如果假定超出了一天的 99% VaR 的天数占整体天数的比例为 7%，此时我们有理由对模型产生怀疑。

小结

风险价值度(VaR)的计算是为了使管理人员在管理过程中对以下的问题有一个好的认识："有 $X\%$ 的把握，在今后的 N 天，我们的损失不会超出 V"，这里的变量 V 就是所谓的 VaR，$X\%$ 为置信度，N 天为展望期。

一种计算 VaR 的方法为历史模拟法。在这一方法中，需要构造一段期限内市场变量每天变化的数据库，模拟计算的第 1 个抽样假定市场变量的百分比变化等于数据库所覆盖的第 1 天数据的百分比变化，计算中的第 2 个抽样假定市场变量的百分比变化等于数据库所覆盖的第 2 天数据的百分比变化，并由此类推。对于任给的抽样，我们可以计算出交易组合的变化值 ΔP，最后由 ΔP 的概率分布的分位数求得交易组合的 VaR。

另外一种计算 VaR 的方法为模型构建法。以下两个条件满足时，该方法的应用较为简便：

(1) 资产组合价格变化(ΔP)同市场变量的变化呈线性关系；

(2) 市场变量的变化服从多元正态分布。

ΔP 的分布也为正态，ΔP 的方差与市场变量的波动率以及相关系数之间存在某种解析关系。从正态分布的著名性质出发，我们可以计算出 VaR。

当资产组合中包括期权时，ΔP 与市场变量的变化不呈线性关系，ΔP 不服从正态分布。此时用模型构建法来计算 VaR 会变得更加困难，这时我们也许会采用蒙特卡罗模拟法。

当采用模型构建法时，波动率及相关系数每天应予以更新。一种流行的方法是采用 EWMA 法。当数据变得越发陈旧时，其对应权重应该变小。第 i 天以前的数据所对应的权重等于 λ 乘以第 $i-1$ 天以前数据所对应的权重，这里的参数 λ 介于 0 与 1 之间。

推荐阅读

Artzner P., F. Delbaen, J. M. Eber, and D. Heath. "Coherent Measures of Risk," *Mathematical Finance*, 9 (1999): 203–28.

Basak, S., and A. Shapiro. "Value-at-Risk-Based Risk Management: Optimal Policies and Asset Prices," *Review of Financial Studies*, 14, 2 (2001): 371–405.

Beder, T. "VaR: Seductive But Dangerous," *Financial Analysts Journal*, 51, 5 (1995): 12–24.

Boudoukh, J., M. Richardson, and R. Whitelaw. "The Best of Both Worlds," *Risk*, May 1998: 64–67.

Dowd, K. *Beyond Value at Risk: The New Science of Risk Management*. New York: Wiley, 1998.

Duffie, D., and J. Pan. "An Overview of Value at Risk," *Journal of Derivatives*, 4, 3 (Spring 1997): 7–49.

Embrechts, P., C. Kluppelberg, and T. Mikosch. *Modeling Extremal Events for Insurance and Finance*. New York: Springer, 1997.

Frye, J. "Principals of Risk: Finding VAR through Factor-Based Interest Rate Scenarios," in *VAR: Understanding and Applying Value at Risk*, pp. 275–88. London: Risk Publications, 1997.

Hendricks, D. "Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data," *Economic Policy Review*, Federal Reserve Bank of New York, 2 (April 1996): 39–69.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Hopper, G. "Value at Risk: A New Methodology for Measuring Portfolio Risk," *Business Review*, Federal Reserve Bank of Philadelphia, July/Aug. 1996: 19–29.

Hua, P., and P. Wilmott, "Crash Courses," *Risk*, June 1997: 64–67.

Hull, J.C., and A. White. "Value at Risk When Daily Changes in Market Variables Are Not Normally Distributed," *Journal of Derivatives*, 5 (Spring 1998): 9–19.

Hull, J.C., and A. White. 'Incorporating Volatility Updating into the Historical Simulation Method for Value at Risk," *Journal of Risk*, 1, 1 (1998): 5–19.

Jackson, P., D.J. Maude, and W. Perraudin. "Bank Capital and Value at Risk," *Journal of Derivatives*, 4, 3 (Spring 1997): 73–90.

Jamshidian, F., and Y. Zhu. "Scenario Simulation Model: Theory and Methodology," *Finance and Stochastics*, 1 (1997): 43–67.

Jorion, P. *Value at Risk*. 3rd edn. McGraw-Hill, 2007.

Longin, F.M. "Beyond the VaR," *Journal of Derivatives*, 8, 4 (Summer 2001): 36–48.

Marshall, C., and M. Siegel. "Value at Risk: Implementing a Risk Measurement Standard," *Journal of Derivatives*, 4, 3 (Spring 1997): 91–111.

McNeil, A.J. "Extreme Value Theory for Risk Managers," in: *Internal Modeling and CAD II*. London: Risk Books, 1999. See also: www.math.ethz.ch/~mcneil.

Neftci, S.N. "Value at Risk Calculations, Extreme Events and Tail Estimation," *Journal of Derivatives*, 7, 3 (Spring 2000): 23–38.

Rich, D. "Second Generation VaR and Risk-Adjusted Return on Capital," *Journal of Derivatives*, 10, 4 (Summer 2003): 51–61.

测验题

20.1 请解释计算 VaR 的历史模拟法。

20.2 请解释由历史数据来估算波动率的指数加权平均移动法(EWMA)。

20.3 某一资产的波动率的最新估计值为 1.5%，资产在昨天的交易结束时的价格为 30 美元。EWMA 模型中的 λ 为 0.94，假定在今天交易结束时资产价格为 30.50 美元，EWMA 模型将如何对波动率进行更新？

20.4 某交易组合构成为价值为 300 000 美元的 A 资产及价值为 500 000 美元的 B 资产，假定以上两资产每天的波动率分别为 1.8% 及 1.2%，并且两资产收益的相关系数为 0.3，请问交易组合 10 天展望期的 95% VaR 为多少？

20.5 一家金融机构拥有一个标的变量为 USD/GBP 的期权交易组合，交易组合的 Delta 为 56.0，当前的汇率为 1.5，请列示交易组合价值变化与汇率变化之间的近似线性关系式。如果汇率每天变化的波动率为 0.7%，请问 10 天展望期的 99% VaR 为多少？

20.6 假定某交易组合的 Gamma 为 16.2，这里已知的 Gamma 将如何影响交易组合价值变化与汇率变化的关系式？

20.7 假定某公司的资产组合中含有股票、债券、汇率产品及商品，但不含衍生产品。请解释以历史模拟法和模型构建法计算 VaR 的方法的假设。

练习题

20.8 某公司采用 EWMA 来预测波动率，公司决定将参数 λ 由 0.95 变为 0.85，请解释这一变化的影响。

20.9 请解释 VaR 与预期亏损的区别。

20.10 假定某交易组合的构成为价值为100 000 美元资产 *A* 的投资以及价值为 100 000 美元资产 *B* 的投资，两项资产的日波动率均为 1%，两项投资收益的相关系数为 0.3，则交易组合 5 天展望期的 99% VaR 为多少？

20.11 某市场变量的波动率为每年 30%，计

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

算这一市场变量在99%的置信度下，每天变动的置信区间。

20.12 请解释在计算VaR时，如何将利率互换的现金流映射成一个具有标准期限零息债券的线性组合。

20.13 请解释为什么线性模型对包含期权的交易组合的VaR仅仅是提供了一个近似估计。

20.14 请验证附录中的0.3年的零券息债券在通过现金流映射后与3个月期头寸为37 397美元及6个月期头寸为11 793美元的零券息债券等价。

20.15 假定5年的利率为6%，7年的利率为7%（利率均为每年复利一次），5年零券息债券的日波动率为0.5%，7年零券息债券的日波动率为0.58%，以上两债券收益的相关系数为0.6，请把将在6.5年收到1000美元现金流映射为5年及7年零券息债券，在5年及7年什么样的现金流与6.5年现金流等价？

20.16 假定在过去的某一时间，某家公司进入了一项远期合约，合约约定这家公司在将来某时刻以100万英镑买入150万美元。这一远期合约在6个月后到期，6个月零券息英国债券的天波动率为0.06%（价格在转换成美元后），6个月期限零券息债券的波动率为0.05%，两个债券收益的相关系数为0.8，当前的汇率为1.53，请计算远期合约一天（以美元计）变化的标准差，并计算10天展望期的99% VaR。在计算中假定英镑及美元6月期的利率为5%，这里的利率为每年连续复利利率。

20.17 在昨天下午4点，USD/GBP汇率的波动率的最新估计为每天0.6%，汇率价格为1.5，在EWMA中参数λ为0.9，假定在今天下午4点汇率价格变为1.4950，今天汇率波动率的最新估计为多少？

20.18 假定在昨天停盘时计算出资产A及资产B的日波动率分别为1.6%及2.5%。资产A及资产B昨天的收盘价分别为20美元及40美元，昨天估计的两个资产的相关系数为0.25。在EWMA模型中采用的参数λ为0.95。

a. 计算两资产的当前的协方差。

b. 假定资产A及资产B今天的收盘价分别为20.5美元及40.5美元，请对相关系数进行更新。

20.19 假设FTSE 100股指（以英镑计）的天波动率为1.8%，美元/英镑汇率的天波动率0.9%，我们进一步假定FTSE 100与美元/英镑汇率的相关指数为0.4，FTSE 100被转换成美元后的波动率为多少？这里假定美元/英镑汇率被表达为1英镑所对应的美元数量（提示：当$Z=X \cdot Y$时，Z所对应的每天百分比价格变化等于X的每天百分比价格变化加上Y的每天百分比价格变化）。

20.20 假定在练习题20.19中，S&P 500指数（以美元计量）与FTSE 100指数（以英镑计量）的相关系数为0.7，S&P 500指数（以美元计量）与美元/英镑汇率的相关系数为0.3，标准普尔500每天的波动率为1.6%。S&P 500指数（以美元计量）与以美元计的FTSE 100指数的相关系数为多少？（提示：对于三个变量X、Y及Z，$X+Y$与Z的协方差等于X与Z的协方差加上Y与Z的协方差）。

20.21 针对第20.2节中的4个指数的例子，一天展望期置信度为99%的VaR为247 571美元。查看作者网页并计算：（a）一天的95%置信度的VaR；（b）一天的97%置信度的VaR。

20.22 考虑第20.2节中的基本方法，如果指数组合投资被平均分配到4个指数中，运用作者网页上的内容，计算一天展望期99%置信度的VaR。

20.23 在第20.6节最后，4个指数例子的VaR由模型构建法计算而得，如果每个指数的投资额为250万美元，VaR会有什么变化？考虑以下情景VaR的变化：(a)通过平均加权模型来估计波动率和相关性；(b)运用EWMA模型，其中用$\lambda=0.94$估计波动率和相关性。可以运用作者网页上的内容。

20.24 在第20.6节末尾的4个指数例子中，如果EWMA模型参数λ从0.94升至0.97，会有什么影响？可以运用作者网页上的内容。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

作业题

20.25 某交易组合的构成为价值为 300 000 美元的黄金投资及价值为 500 000 美元的白银投资，假定以上两资产变化每天的波动率分别为 1.8% 及 1.2%，并且两资产收益的相关系数为 0.6，请问交易组合 10 天展望期的 97.5% VaR 为多少？投资分散效应所减小的 VaR 数量为多少？

20.26 考虑对于某标的资产的期权交易组合，假定交易组合的 Delta 为 12，标的资产价格为 10 美元，标的资产每天价格变化的波动率为 2%，请用 Delta 来估计交易组合一天展望期的 95% VaR。假定交易组合的 Gamma 为 −2.6，请导出交易组合价值变化同标的资产价格每天变化的二次关系式。

20.27 一家银行买入了标的资产为某股票的看涨期权，同时银行又卖出了标的资产为另一家股票的看跌期权，看涨期权的标的资产股票价格为 50，期权行使价格为 51，标的资产变化浮动率为每年 28%，期权的到期日期为 9 个月；看跌期权的标的资产股票价格为 20，行使价格为 19，标的资产变化浮动率为每年 25%，期权的到期日期为 1 年，两种股票均无股息，无风险利率是每年 6%，两种股票收益的相关系数为 0.4，请采用 DerivaGem 及线性模型计算银行交易组合的 10 天展望期的 99% VaR。

20.28 假定黄金价格在昨天收盘价格为 600 美元，其波动率为每天 1.3%，今天黄金的收盘价为 596 美元。请采用 EWMA 来更新波动率，其中 $\lambda = 0.94$。

20.29 假定在作业题 20.28 中，昨天白银的收盘价为 16 美元，波动率为每天 1.5%，白银与黄金的相关系数为 0.8。今天白银的收盘价仍为 16 美元。采用 EWMA 模型更新白银的波动率以及白银与黄金之间的相关系数。

20.30 在本书作者网页中(http://www.rotman.utoronto.ca/hull/data)，读者可以下载一个计算表，其中含有超过 900 天的不同汇率数据以及股指价格数据。选定某汇率及某种股指价格，估计 EWMA 中的 λ 以使得

$$\sum_i (v_i - \beta_i)^2$$

达到极小。式中，v_i 为在 $i-1$ 前所做预测；β_i 是根据第 i 天至第 $i+25$ 天的数据所计算出的方差。在计算中请采用 Excel 的功能，在开始 EWMA 计算时，令第 1 天的方差的预测值等于第 1 天收益的平方。

20.31 风险管理人员的一个普遍的抱怨是，当资产组合的 Delta 接近于 0 时，模型构建法(无论是线性模型或二次模型)会失效。当 Delta 接近于 0 时，采用 DerivaGem 软件应用工具 E 来进行验证(调整期权头寸，你可以构造 Delta 为 0 的不同交易组合)，并对你的结果进行解释。

20.32 假设在 20.2 节中考虑的组合包含 3 000 DJIA，3 000FTSE，1 000 CAC40 和 3 000 日经 225（都以千美元为单位)。运用作者的网页内容来计算展望期为 1 天，置信度为 99% 的 VaR，这与 20.2 节中所计算的 VaR 有什么区别？

20.33 在第 20.6 节末尾 4 个股指的计算例子中，假设对 DJIA、FTSE 100、CAC 40 以及日经 225 的投资分别为 400 万美元、300 万美元、100 万美元和 200 万美元。如果投资变为 300 万美元、300 万美元、100 万美元和 300 万美元，所得的 VaR 有什么变化？计算时运用以下假设：(a) 波动率和相关性通过平均加权模型来估计；(b) 波动率和相关性通过 EWMA 模型来估计。在 EWMA 模型中，当 λ 从 0.94 减至 0.90，有什么影响？可以用作者网上的内容。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录 20A 现金流映射

在本附录中，我们将解释如何将现金流映射到具有标准期限的节点上。我们考虑头寸为 100 万美元的债券，债券期限为 0.8 年，债券的券息为 10%，券息一年复利两次，这一债券在 0.3 年及 0.8 年发放券息，并在 0.8 年债券偿还 100 万本金。此债券是由期限为 0.3 年 50 000 美元无券息债券与期限为 0.8 年 1 050 000 美元无券息债券叠加而成。在映射过程中，0.3 年的头寸被等价的 3 个月及 6 个月头寸所取代，0.8 年的头寸被等价的 6 个月及 1 年头寸所取代。因此，我们持有的 0.8 年期的带息债券分别被映射为 3 个月、6 个月及 1 年的无息债券。

现金流映射过程

考虑在 0.8 年数量为 1 050 000 美元的现金流。假定，零利息债券价格波动率及债券价格收益的相关系数如表 20A-1 所示。映射计算的第 1 步是将 6 个月 6.0% 利率及 1 年 7.0% 利率进行插值来求得 0.8 年利率，即 6.6%（这里的利率每年复利），因此，0.8 年现金流的贴现值为

$$\frac{1\ 050\ 000}{1.066^{0.8}}=997\ 662$$

对 6 个月 0.1% 波动率及 1 年 0.2% 波动率也进行插值来求得 0.8 年波动率，即 0.16%。

表 20A-1 用于现金流映射的数据

期限		3 月期债券	6 月期债券	1 年期债券
零息利率（每年复利）		5.50	6.00	7.00
债券价格的波动率（每天变化）		0.06	0.10	0.20
日收益的相关系数	3 月期债券	1.0	0.9	0.6
	6 月期债券	0.9	1.0	0.7
	1 年期债券	0.6	0.7	1.0

假定，我们映射到 6 个月期限的现金流价值占整体现值的比率为 w，因此，映射到 1 年期限现金流价值占整体现值的比率为 $1-w$。利用式(20-2)以及对方差进行匹配，我们得出

$$0.0016^2=0.001^2w^2+0.002^2(1-w)^2+2\times0.7\times0.001\times0.002w(1-w)$$

采用常规方法对以上一元二次方程进行求解，得出 $w=0.320\ 337$，这意味着有 32.033 7% 的现值被映射为 6 个月期的零息债券，及 67.966 3% 的现值被映射为 1 年期的零息债券。因此，0.8 年的价值为 997 662 美元的零息债券价值为

997 662 × 0.320 337 = 319 589 美元

的 6 个月期零息债券及价值为

997 662 × 0.679 663 = 678 074 美元

的 1 年期的零息债券组合代替。这里的现金流映射的优点是现金流的价值及方差都没有改变；再有，我们可以证明，在映射中两个邻近点零收益债券的权重总为正值。

对于 0.3 年的 50 000 美元现金流，我们可以采用类似的映射（见练习题 20.14），计算结果显示现金流的贴现值为 49 189 美元。映射之后，3 个月零息债券的头寸的现值为 37 397 美元，6 个月零息债券的头寸的现值为 11 793 美元。

表 20A-2 是对计算结果的总结，0.8 年带息债券被映射为期限为 3 个月期限的价值

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

为 37 397 美元的零息债券，6 个月期限的价值为 33 138 美元的零息债券及 1 年期限的价值为 678 074 美元的零息债券。采用表 20A-1 有关波动率及相关系数的数据，并根据式(20-2)我们可以得出 0.8 年的带息债券的方差，在计算中选用的参数 $n=3$，$w_1=37\ 397$，$w_2=331\ 382$，$w_3=678\ 074$；$\sigma_1=0.000\ 6$，$\sigma_2=0.001$ 及 $\sigma_3=0.002$；及 $\rho_{12}=0.9$，$\rho_{13}=0.6$，$\rho_{23}=0.7$，计算出的方差为 2 628 518 美元，因此标准差等于 $\sqrt{2\ 628\ 518}=1621.3$，因为交易组合中只含有债券，我们得出 10 天展望期的 99% VaR 为

$$1621.3\times\sqrt{10}\times 2.33=11\ 946\text{ 美元}$$

即大约 11 950 美元。

表 20A-2 现金流映射的结果

	0.3 年收到 50 000 美元	0.8 年收到 1 050 000 美元	总计
3 月期债券头寸	37 397		37 397
6 月期债券头寸	11 793	319 589	331 382
1 年期债券头寸		678 074	678 074

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 21

第 21 章

利率期权

利率期权是指收益在某种程度上依赖于利率水平的期权产品。此类产品在20世纪八九十年代变得非常流行，无论在场外市场还是交易所市场都有许多不同类型的利率期权在进行交易。本章将讨论其中一些产品以及如何使用这些产品，解释两种在交易所市场最流行的产品：国债期货期权与欧洲美元期货期权，还将描述如何用标准市场模型来对以下三种在场外交易流行的产品进行定价：欧式债券期权，利率上限及下限，欧式互换期权。这些模型的本质仍然与原始的欧式股票期权布莱克－斯科尔斯模型一致，其基本假设是关键市场变量在将来某时刻服从对数正态分布。

21.1 交易所交易的利率期权产品

在美国交易所内最流行的利率期权为长期国债期货期权、中期国债期货期权及欧洲美元期货期权。

在CBOT交易的长期国债期货期权是基于长期国债期货合约的期权产品。在第6章我们曾指出，一份长期国债合约所交割的是面值为10万美元的长期国债。长期国债期货期权是以标的资产面值百分比的形式来进行报价的，报价精确到一个百分点的1/64，假定3月份到期的长期国债期货期权报价是2-06，或债券面值的 $2\frac{6}{64}\%$，其中行使价格为110美元。这意味着每一份期权的价格为2 093.75美元。在期权被行使时，收益等于1 000乘以期权期货价格超出110美元的数量。中期国债期货的报价方式与此类似。

欧洲美元期货期权的交易是在CME进行的，它们是基于欧洲美元期货合约的期权产品。在第6章我们曾指出，当欧洲美元期货报价变化一个基点，即0.01%时，该期货的损益为25美元。类似地，在欧洲美元期货期权报价中，一个基点也代表25美元。假定6月份行使价格为96.25的期

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

货看跌期权报价为59个基点，一份合约的费用为59.0×25=1 475美元。在期权被行使时，损益等于25乘以96.25超出6月份期货报价的数量。

利率期货期权的运作原理和在第16章中讨论的其他期货期权类似。除了现金收益外，看涨期权持有人在行使期权后进入期货合约的长头寸，同时期权承约者进入相应期货合约的短头寸；看跌期权持有人在行使期权后进入期货合约的短头寸，同时期权承约者进入相应期货合约的长头寸。

当债券价格上涨时(即利率下跌时)，利率期货的价格也会上涨；债券价格下跌时(即利率上涨时)利率期货价格也会下跌。认为短期利率将要上涨的投资者可以买入欧洲美元期货的看跌期权来进行投机，而认为利率将会下跌的投资者可以买入欧洲美元期货的看涨期权来进行投机(见例21-1)。认为长期利率将要上涨的投资者可以买入中期国债期货或长期国债期货的看跌期权来进行投机，而认为利率将会下跌的投资者可以买入这些产品的看涨期权来进行投机(见例21-2)。

【例21-1】 欧洲美元期货期权交易

假定现在为2月份，6月份到期的欧洲美元期货合约价格为93.82(这对应于年利率为6.18%的3个月欧洲美元利率)。基于该合约，行使价格为94.00的看涨期权在CME的报价为0.20，即20个基点。对认为利率将会下跌的投资者来讲，这个期权可能会很诱人。假定短期利率确实下跌了100个基点，投资者在期货价格为94.78时行使了看涨期权(这对应于年利率为5.22%的3个月欧洲美元利率)。期权收益为25×(94.78－94.00)=1 950美元，期权的成本为20×25=500美元，投资者的盈利为1 450美元。

【例21-2】 国债期货期权交易

假定现在为8月份，CBOT交易的12月份到期的长期国债的期货价格为96-09(即$96\frac{9}{32}=96.281\ 25$)。长期政府债券的收益率为每年6.4%。某投资者认为这一收益率在12月份前将会下跌，该投资者买入了行使价格为98的看涨期权。假定这些看涨期权的价格为1-04(即本金的$1\frac{4}{64}=1.0625\%$)。如果长期利率确实下跌到每年6%，长期国债的价格上涨到100-00，这一投资者可以从每100美元面值的债券期货中盈利

$$100-98.00-1.0625=0.9375 \text{ 美元}$$

因为每个期权合约买卖标的资产债券的面值为100 000美元，而报价是基于100美元面值，所以该投资者从每份期权合约中可以盈利937.50美元。

债券期货期权及欧洲美元期货期权均为美式期权，对这些产品最简单的定价模型是在第12、16及18章中所描述的二叉树模型。对债券期货期权进行定价时，在二叉树上我们需要模拟债券期货的价格，定价时所采用的波动率为债券期货价格的波动率。对欧洲美元看涨期权进行定价时，二叉树模型所模拟的变量为100减去期货价格。一个行使价格为96的欧洲美元期货看涨(看跌)期权等价于行使价格为4，标的变量为100减去欧洲美元期货价格的看跌(看涨)期权，在定价过程中采用的波动率为100减去期货价格的波动率。

21.2 债券的内含期权

有些债券本身包含看涨期权与看跌期权。例如，一个**可赎回债券**(callable bond)含有允许发

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

行债券的公司在将来某时刻以事先约定的价格买回债券的条款，因此这种债券的持有人向发行人卖出了一个看涨期权。该期权中的行使价格，即赎回价格，是该债券发行人在赎回债券时必须支付给债券持有者的价格。可赎回债券通常在债券发行的最初几年内不能赎回[称为锁定区间(lock-out period)]。此后的赎回价格通常是时间的递减函数。例如，某个 10 年期可赎回债券在债券发行的最初两年内，债券发行人没有赎回债券的权利。随后该债券的发行人有权在第 3 年和第 4 年以 110 美元的价格，在第 5 年和第 6 年以 107.50 美元的价格，在第 7 年和第 8 年以 106 美元的价格，在第 9 年和第 10 年以 103 美元的价格将债券赎回。该看涨期权的价值反映在债券的收益率报价之中。一般附有可赎回条款的债券比没有可赎回条款的债券的收益率要高。

一个**可退还债券**(puttable bond)内含有允许债券持有人在将来某一时间内以预先约定价格提前将债券退还给债券发行人并收回现金的条款。债券持有人在买入债券本身的同时，也买入了债券的看跌期权。对于债券持有人而言，由于看跌期权增加了债券本身的价值，附有提前退还条款的债券比没有提前退还条款的债券收益率要低。一个简单可退还债券的实例为 10 年期可撤销债券(retractable bond)，此债券的持有人有权在第 5 年末得到偿还。

许多非债券利率产品也包含内含期权。例如，附有提前偿付存款特性的固定利率存款也可以看做附有可提前退还特性的债券。附有可提前偿还贷款特性的固定利率贷款可以看做可提前赎回特性的债券。再有，假定某银行或金融机构给某个潜在借款人报出 5 年期的年利率为 10%，此报价在随后的 2 个月内有效。事实上，该客户取得了在随后 2 个月内随时向金融机构按面值出售息票率为 10% 的 5 年期债券的权利。当利率上涨时，这个期权将会被行使。

21.3 布莱克模型

自 1973 年首次发表以后，布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型已成为在金融界非常流行的定价工具。如在第 15 章和第 16 章所述，此模型在经过扩展之后可以对货币期权、指数期权及期货期权进行定价。如第 19 章所述，交易员已经灵活地利用该模型来反映自己。因此，当我们看到这一模型已经被扩展到对利率衍生产品定价时应该不会感到惊讶。

在利率市场应用最广泛的布莱克 - 斯科尔斯模型的扩展形式是布莱克模型。[⊖] 最初布莱克模型的开发是为了对商品期货期权进行定价。但如第 16.8 节所述，将期货到期日设定为期权的到期日时，我们也可以利用布莱克模型来对现货资产的期权定价。在本章我们将说明如何采用布莱克模型来对场外利率期权产品定价。

考虑一个基于变量 V 的欧式看涨期权，定义：

T——期权的期限；

F—— V 上期限为 T 的期货价格；

F_0——F 在时间 0 的价格；

F_T——F 在 T 时刻的价格；

K——期权的行使价格；

r ——期限为 T 的利率；

σ ——F 的波动率；

V_T——V 在 T 时刻的价格。

在 T 时刻期权收益为 max ($V_T - K$, 0)，期货的期限为 T，因此 $F_T = V_T$。我们可以认为在 T 时刻期权的收益为 max ($F_T - K$, 0)。如第 14 章所述，布莱克模型给出在 0 时刻欧式看涨期权的

⊖ 见 F. Black "The Pricing of Commodity Contracts", *Journal of Financial Economics*, 3(March 1976): 167-79。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

价格为

$$c = e^{-rT}[F_0N(d_1) - KN(d_2)] \tag{21-1}$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(F_0/K) + \sigma^2 T/2}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(F_0/K) - \sigma^2 T/2}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

相应的欧式看跌期权价格 p 为

$$p = e^{-rT}[KN(-d_2) - F_0N(-d_1)] \tag{21-2}$$

21.3.1 布莱克模型的扩展

我们可以将布莱克模型扩展到适用于收益时间不同于 T 的情形。假定期权的收益是从 T 时刻变量 V 的值来计算，但这一收益被延迟到 T^* 时刻才支付，其中 $T^* \geqslant T$。在这一情形中，我们需要从 T^* 时刻而不是 T 时刻来对收益进行贴现。如定义 r^* 为到期限 T^* 的零息收益率，式(21-1)及式(21-2)将变为

$$c = e^{-r^*T^*}[F_0N(d_1) - KN(d_2)] \tag{21-3}$$

$$p = e^{-r^*T^*}[KN(-d_2) - F_0N(-d_1)] \tag{21-4}$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(F_0/K) + \sigma^2 T/2}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(F_0/K) - \sigma^2 T/2}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

21.3.2 模型是如何被使用的

当应用布莱克模型来对场外市场交易的欧式利率期权定价时，式(21-1)至式(21-4)中的 F_0 通常设定为 V 的远期价格而不是期货价格。我们回顾第5章的结论，当利率为常数时，期货价格等于远期价格。但当利率不为常数时，期货价格会不同于远期价格。因此，当我们对与利率有关的产品定价时，取 F_0 为远期价格这一假设很值得怀疑。但事实上(至少对本章所考虑的产品成立)，这一假设抵消了布莱克模型中的另外一个假设，即贴现率为常数的假设。因此，对利率产品进行定价时，布莱克模型具有坚固的理论基础。[⊖]

21.4 欧式债券期权

欧式债券期权是指在将来某确定时刻 T 以某一确定价格 K 买入或卖出某个债券的权利。假定 V 为债券价格，我们利用式(21-1)及式(21-2)来对欧式债券期权定价。变量 σ 为债券远期价格 F 的波动率。因此，$\sigma\sqrt{T}$ 为债券价格的对数值在 T 时刻的标准差。

如第5章所述，F_0 可以从今天的债券即期价格 B 得出，计算式如下

$$F_0 = (B - I)e^{rT} \tag{21-5}$$

⊖ 对于这一问题的解释，见 J. C. Hull, *Options, Futures, and Other Derivatives*, 6th edn. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2006), Chapter 27 and 28。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

式中，I 为在期权有效期内债券所支付息票的贴现值，r 为 T 期限的利率。在以上公式中，即期债券价格及远期债券价格均为现金价，而非报价(在第 6 章里我们曾解释了现金价与报价之间的关系，现金价等于报价加上应计利息)。交易员将债券的报价称为纯净价(clean price)，将现金价称为带息价格(dirty price)。

式(21-1)和式(21-2)中的行使价格应该是带息价格(即现金价)。如果一个合约将行使价格定义为当期权被行使时与债券交换的现金价格，那么 K 应该被设定为这一行使价格。但更常见的情形行使价格为期权被行使时所对应的净价，这时 K 应等于行使价格加上在到期日的应计利息。例 21-3 说明了这一点。

【例 21-3】 债券期权的定价

考虑一个 10 个月期的欧式看涨期权，标的资产是期限为 9.75 年的债券，债券面值为 1 000 美元(当期权到期时，该债券的剩余期限为 8 年零 11 个月)。假设债券的当前现金价为 960 美元，行使价格为 1 000 美元，10 个月期的无风险利率为每年 10%，债券远期价格的波动率为每年 9%，债券券息率为 10%，每半年支付一次。债券在第 3 个月及第 9 个月将支付 50 美元的利息(这意味着应计利息为 25 美元，报价为 935 美元)。我们假设 3 个月期和 9 个月期的无风险利率分别为 9.0 % 和 9.5%。因此，支付利息的贴现值为

$$50e^{-0.09\times0.25}+50e^{-0.095\times0.75}=95.45$$

即 95.45 美元。由式(21-5)得出，债券远期价格为

$$F_0=(960-95.45)e^{0.1\times10/12}=939.68$$

(1)如果行使价格为期权行使时为了取得该债券所付的现金价格，那么式(21-1)中的参数为 $F_0=939.68$，$K=1000$，$r=0.1$，$\sigma=0.09$，$T=0.833\,3$，看涨期权的价格为 9.49 美元。

(2)如果行使价格是期权行使时为了取得该债券所付的报价，因为期权的到期日是息票支付后的一个月，K 必须再加上一个月的应计利息，因此 K 等于

$$1\,000+100\times0.083\,33=1\,008.33$$

式(21-1)中其他参数不变(即 $F_0=939.68$，$r=0.1$，$\sigma=0.09$，$T=0.833\,3$)。看涨期权价格为 7.97 美元。

收益率波动率

债券期权报价所对应的波动率通常是收益率的波动率而不是价格变化的波动率。在市场上，人们用第 6 章里引入的久期的概念将报价的收益率波动率转换成价格波动率。假设 D 是 6.5 节里定义的期权标的债券在期权到期日的修正久期。在到期日，债券远期价格 F 与其相应的收益率 y_F 满足

$$\frac{\Delta F}{F}\approx-D\Delta y_F$$

即

$$\frac{\Delta F}{F}\approx-Dy_F\frac{\Delta y_F}{y_F}$$

波动率是为了度量一个变量百分比变动的标准差。上式说明，在布莱克模型中的远期价格波动率 σ 与相应的远期收益率波动率 σ_y 近似地满足关系式：

$$\sigma=Dy_0\sigma_y \tag{21-6}$$

式中，y_0为 y_F的初始值。当收益率波动率被用来对期权进行报价时，一个潜在的假设通常是我们会通过式(21-6)将该波动率转换为价格波动率，然后利用这个波动率和式(21-1)及式(21-2)来计算期权价格。假设某期权标的债券在期权到期时的修正久期为 5 年，远期收益率为 8%，由交易商中得出的远期收益率的波动率报价为 20%，这意味着对应于这一市场报价，期权的市场价格可

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

由式(21-1)计算得出，式中的变量 σ 等于 $5\times0.08\times2=0.08$，即每年8%。

软件 DerivaGem 中的 Bond_Options 工作页(Bond_Options worksheet)可用于计算欧式债券期权价格 。在计算中，用户在定价模型中应选择 Black-European 来作为定价模型。用户输入收益率波动率，而这一波动率会以上所述方式来处理，行使价格既可为现金价也可以为市场报价。例21-4是对计算过程的说明。

【例21-4】 采用收益率波动率来对债券期权定价

考虑一欧式看跌期权，期权标的债券是一个10年期的债券，面值为100，债券票息率为8%，每半年支付一次，期权的期限为2.25年，期权的行使价格为115，远期收益率波动率为20%，零息曲线为水平5%，连续复利。DerivaGem 显示债券的报价为122.055，当行使价格对应于市场报价时，期权价格为2.613；当行使价格为现金价时，期权价格为1.938（注意，DerivaGem 的价格也许同手工计算价格不完全吻合，因为 DerivaGem 假定一年有365天，计算过程中将时间近似为最近的整数天）。

21.5 利率上限

在场外市场中，金融机构所提供的很流行的一种利率期权是**利率上限**(interest rate cap)。为了帮助理解利率上限，首先考虑**浮动利息本票**(floating rate note)。在这种本票中，利率要被定期设定为 LIBOR。两次重新设定利率时间间隔被称为**区间**(tenor)。假定区间为3个月，浮动利息本票中最初3个月的利率为初始的 LIBOR 利率；接下3个月所对应的利率等于市场 LIBOR 利率，等等。

利率上限的设计是为了提供某种保险，该保险保证浮动利息债券中的浮动利率不超过某个水平，这一利率水平被称为**上限利率**(cap rate)。上限的运作方式显示在图21-1中。假定面值为1 000万美元，上限的期限为5年，上限利率为5%(因为区间为3个月，这个上限利率为每3个月复利一次)。假设在某一个利率设定日期，3个月的 LIBOR 利率为6%，浮动利率本票在3个月后需支付

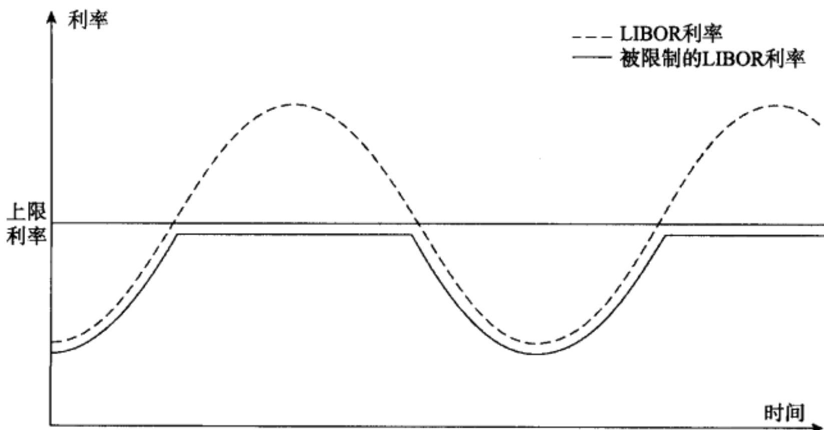


图21-1 上限为 LIBOR 超出上限利率时提供保险的作用

$$0.25\times0.06\times10\ 000\ 000=150\ 000\text{ 美元}$$

在浮动利率为5%的情况下，浮动利率本票在3个月后只需支付

$$0.25\times0.05\times10\ 000\ 000=125\ 000\text{ 美元}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

因此上限所提供的收益为25 000美元(150 000 - 125 000)。[㊀]注意产品的收益并不发生在利率(即6%)设定日期，而是发生在3个月以后。这一点反映了利率的观察时间与交割时间存在一个自然的时间差。

假定某企业得到一笔贷款，贷款利率是与LIBOR挂钩的浮动利率，采用上限产品可以限定利息的付出量。例如，假定贷款浮动利率为LIBOR加30个基点，贷款期限为5年。我们以上考虑的上限可以保证付出利息的利率不会高于5.30%。在上限的每一个设定日期，我们对LIBOR进行观察，如果LIBOR低于5%，利率上限在3个月后不会带来任何收益；如果LIBOR高于5%，利率上限在3个月后产生收益。计算收益的本金为1000万美元。例21-5对这里的讨论进行了总结。

【例21-5】 利率上限的应用

某公司持有一个5年期，面值为1 000万美元的浮动利率贷款。公司担心利率会上涨。贷款利率为LIBOR加30基点。

为了对冲这一风险暴露，公司决定从某金融机构买入一个5年期的LIBOR利率上限，上限利率为每年5%，上限的面值为1 000万美元。上限交易保证了公司所付的利率不会超过每年5.3%。

在定义上限时，通常即使最初的LIBOR利率高于上限利率，在最后一个定息日仍然不会导致任何收益。在我们的例子中，上限期限为5年，因此总共有19个定息日(即在0.25，0.50，0.75，…，4.75年)及19个潜在的收益日(即在0.5，0.75，1.00，…，5.00年)。

21.5.1 将利率上限看做利率期权的组合

考虑某利率上限，其本金为L，上限利率为R_K。利率上限的定息日期为t_1，t_2，…，t_n，相应的付款日为t_2，t_3，…，t_{n+1}。定义R_k为在t_k时刻观察到的t_k到t_{k+1}之间的LIBOR利率($1 \leqslant k \leqslant n$)，利率上限在$t_{k+1}$的收益为

$$L\delta_k \max\,(R_k - R_K,\ 0) \tag{21-7}$$

其中，$\delta_k = t_{k+1} - t_k$。[㊁]

由式(21-7)所表达的收益等价于一个在时间t_k所观察LIBOR利率上的看涨期权，期权的收益时间为t_{k+1}。一个利率上限包含n个这样的看涨期权，这些看涨期权被称为**利率上限单元**(caplet)。

21.5.2 利率下限及利率双限

利率下限(floor)的定义与利率上限类似。一个利率下限在当利率低于一定水平时提供收益。利率下限在时间t_{k+1}($k=1$，2，…，n)的收益为

$$L\delta_k \max\,(R_K - R_k,\ 0)$$

同利率上限类似，利率下限是一个由利率看跌期权组成的交易组合，每一个期权被称为**下限单元**

㊀ 计算中假定3个月刚好为一年的1/4。在实践中，我们需要计算3个月的天数，并采用计天数的约定来计算区间长度。

㊁ 在这一式子中，R_K及R_k的复利频率均与定息频率一致。例如，如果在一年中有4个定息日，以上利率的复利为每季度一次。这里对问题进行了简化，因为我们在计算中假定计算天数的惯例为实际天数/实际天数(actual/actual)。在美国，LIBOR计量天数的惯例约定为实际天数/360(actual/360)，这意味着δ_k的计算也必须采用这一惯例。例如，如果t_k为5月1日，t_{k+1}为8月1日，在5月1日与8月1日之间总共有92天，因此$\delta_k = 92/360 = 0.2521$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

(floorlet)。

利率双限(collar)[有时也被称为上限－下限协议(floor-ceiling agreement)]确保支付与LIBOR有关的浮动利率介于两个上下限水平之间。利率双限是一个利率上限长头寸与一个利率下限短头寸的组合。在构造利率双限时，通常是使上限的价格等于下限的价格。这样，进入利率双限交易的成本为0。

如业界实例21-1所述，利率上限及下限之间存在一种平价关系式。

| 业界实例21-1 | 利率上限与下限之间的平价关系式

利率上限及下限之间存在一种平价关系式，此关系式为

上限价值＝下限价值＋利率互换价值

在以上关系式中，上限与下限具有同样的行使价格 R_K。在互换交易中，收入浮动利率同时付出固定利率 R_K，并且在第一个定息日没有支付，这里所涉及的3个产品具有同样的期限与付款频率。

为了说明以上关系式的合理性，我们考虑一个由利率上限长头寸和一个下限短头寸所组成的交易组合，利率上限在当LIBOR大于 R_K 时提供收益为 $\text{LIBOR}-R_K$，利率下限的短头寸在当LIBOR小于 R_K 时提供收益为

$$-(R_K-\text{LIBOR})=\text{LIBOR}-R_K$$

因此对应于所有情形，交易组合的收益均为 $\text{LIBOR}-R_K$，这刚好等价于利率互换的收益。因此上限价值减去下限价值刚好等于互换的价值。

注意互换的构造往往是0时刻LIBOR决定了在第一个定息日付款量，而上限及下限的构造使得第一个定息日没有任何支付，这说明在这里互换的定义应阐明在第一个定息日也没有任何支付，也就是说这是一个非标准的互换。

21.5.3 上限及下限的定价

对一个在 t_{k+1} 提供收益，而利率在 t_k 被设定的利率上限单元，其定价方式一般是利用第21.3节中的布莱克模型，在模型中设定 $V=R_k$(这意味着上限单元中的利率被假设为服从对数正态分布)。因为收益的时间为 t_{k+1} 而不是 t_k，由式(21-3)得出的利率单元定价公式为

$$L\delta_k e^{-r_{k+1}t_{k+1}}[F_kN(d_1)-R_KN(d_2)] \tag{21-8}$$

式中，r_{k+1} 为期限为 t_{k+1} 的连续复利利率，

$$d_1=\frac{\ln(F_k/R_K)+\sigma_k^2t_k/2}{\sigma_k\sqrt{t_k}}$$

$$d_2=\frac{\ln(F_k/R_K)-\sigma_k^2t_k/2}{\sigma_k\sqrt{t_k}}=d_1-\sigma_k\sqrt{t_k}$$

F_k 为 t_k 与 t_{k+1} 之间的远期利率，σ_k 为 F_k 的波动率(因此 $\sigma_k\sqrt{t_k}$ 为 $\ln R_k$ 的标准差)。例21-6是式(21-8)的应用。

【例21-6】 利率上限单元的定价

考虑一个在一年后开始，并持续3个月的将10 000美元贷款利率限定在8%以下(每季度付利一次)的利率上限。这里所描述的上限单元有可能为上限合约的一个组成部分。假定零息曲线为水平，利率为每年7%，复利频率为每季度一次，利率上限单元所对应的3个月期的远期利率波动率为每年20%，对应于所有期限的(连续复利)利率为6.9394%。在式

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

(21-8)中，$F_k=0.07$，$\delta_k=0.25$，$L=10\ 000$，$R_K=0.08$，$R_{k+1}=0.069\ 394$，$\sigma_k=0.20$，$t_k=1.0$，$t_{k+1}=1.25$。

同时

$$d_1=\frac{\ln(0.07/0.08)+0.2^2\times 1/2}{0.2\times 1}=-0.567\ 7$$

$$d_2=d_1-0.20=-0.767\ 7$$

因此上限单元的价格为

$$0.25\times 10\ 000\times e^{-0.069\ 394\times 1.25}[0.07N(-0.567\ 7)-0.08N(-0.767\ 7)]=5.162\text{ 美元}$$

(注意 DerivaGem 给出的价格为 5.146 美元，这是因为我们假定每年有 365 天，并将时间近似为最近的整数天)。

利率下限单元的价格也可由式(21-4)得出，其公式为

$$L\delta_k e^{-r_{k+1}t_{k+1}}[R_KN(-d_2)-F_kN(-d_1)] \tag{21-9}$$

注意在这些式子中，R_K及F_k的复利频率等于固定利率的复利频率，而r_{k+1}为连续复利利率。

每一个利率上限单元都必须通过式(21-8)来定价，类似地，每一个下限单元都必须通过式(21-9)来定价。一种定价的方法是对于不同的上限单元(下限单元)采用不同的波动率。这些波动率被称为**即时波动率**(spot volatility)[⊖]。另外，一种定价方法是对于构成上限(下限)的上限单元(下限单元)采用相同的波动率，但波动率随上限(下限)的有效期限来变动。这一波动率被称为**单一波动率**(flat volatility)。虽然市场所报出的波动率常常为单一波动率，但是许多交易员却喜欢采用估计即时波动率，因为即时波动率可以帮助交易员识别那些价格过高或价格过低的上限单元与下限单元。在 CME 上交易的欧洲美元看跌(看涨)期权同利率上限单元(下限单元)非常相似。由利率上限单元和下限单元所隐含的 3 个月 LIBOR 即时波动率常常被用来与那些由欧洲美元期货期权所隐含的波动率进行比较。

图 21-2 显示了一种典型的即时波动率和远期波动率与期限之间的函数关系(对于即时波动率情形，期限是利率上限单元及下限单元的到期日；对于单一波动率情形，期限是上限及下限的到期日)。单一波动率类似于即时波动率的累积平均值，因此其变动幅度较小。如图 21-2 所示，在大约 2～3 年时，在波动率中我们常常会观测到某种“驼峰”(hump)。无论是由期权价格所隐含的波动率还是由历史数据计算出的波动率，我们都可以观测到这种驼峰。对于驼峰存在的原因，还没有一个定论。一种可能的解释如下：零息曲线中的短期利率由中央银行控制，而与短期利率对应的 2～3 年的利率在一定程度上由交易员的交易行为所决定，这些交易员对于短期利率的变化

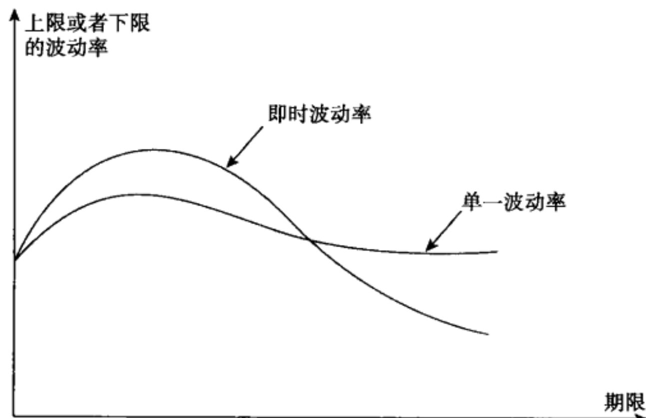


图 21-2 隐含波动率的隆起现象

⊖ 这些波动率有时也被称为远期波动率。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

反应可能过于敏感，因此其交易行为会造成这些利率比短期利率的变化幅度要高。期限大于2~3年的利率具有**回归均值**(mean reversion)的特性，从而造成了波动率的下降。

经纪人提供上限及下限的单一波动率表格，这些波动率所对应的产品通常为平值期权，这意味着上限/下限利率等于与上限付款日期相同的互换利率。表21-1显示了美国市场中典型的经纪人报价数据，其中上限区间为3个月，上限的有效期为1~10年不等。这里的波动率为单一波动率而不是即时波动率，数据显示如图21-2所示驼峰的存在。

表21-1 经纪人提供的典型的上限及下限单一波动率的数据(每年%)

期限(年)	上限买入价	上限卖出价	下限买入价	下限卖出价
1	18.00	20.00	18.00	20.00
2	23.25	24.25	23.75	24.75
3	24.00	25.00	24.50	25.50
4	23.75	24.75	24.25	25.25
5	23.50	24.50	24.00	25.00
7	21.75	22.75	22.00	23.00
10	20.00	21.00	20.25	21.25

21.5.4 使用DerivaGem软件

DerivaGem软件可用于对利率上限与下限进行定价，其中的模型为布莱克模型。用户在Cap_and_Swap_Option工作页中应选择Cap/Floor作为标的变量类型(Underlying Type)，并选择Black - European为定价模型(Pricing Model)来进行计算。定价中输入的零息曲线为连续复利形式。定价中输入数据包括上限有效期的起始日期及结束日期，以及单一波动率和上限付款的交割频率(即区间长度)。软件所产生的付款日期由结束日开始反向倒推起始日。起始上限单元/下限单元所覆盖的区间为正常区间的0.5~1.5倍。例如，假定上限的有效期为1.22~2.80年，付款交割频率为季度，有效期内共有6个上限单元，它们分别为2.55~2.80年、2.30~2.55年、2.05~2.30年、1.80~2.05年、1.55~1.80年、1.22~1.5年。

21.6 欧式利率互换期权

利率互换期权(swap option，或swaption)是基于利率互换的期权产品。这些产品给持有者在将来某个时刻进入一个约定利率互换的权利。许多向企业提供利率互换合约的大型金融机构也随时准备向其客户出售或购买利率互换期权。如业界实例21-2所示，利率互换期权也可以被看成是一种债券期权。

业界实例21-2　互换期权及债券期权

如第7章所示，一个利率互换可以看做是将定息债券与浮息债券相交换的合约。在互换开始时，浮息债券的价值总是等于其面值。由此可见，我们可以将互换期权看成是由定息债券与面值相交换的期权。

因此互换期权是一种债券期权。如果互换期权给予持有者支付定息而收入浮动利息的权利，那么它是一个定息债券上的看跌期权，期权的行使价格等于面值。如果互换期权给予持有者支付浮动息而收入固定利息的权利，那么它是一个定息债券上的看涨期权，期权的行使价格等于面值。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

为了说明互换期权的应用方式，考虑以下实例：某企业已知在6个月后要签署一项5年期的浮动利率贷款，企业希望通过利率互换将浮动利息转为固定利息，这样企业可以将贷款转为固定利息贷款(见第7章里关于如何以这种方式使用互换产品的讨论)。以一定的代价，企业可以买入一个互换期权，这一期权给予企业进入收取6个月 LIBOR 利率并同时付出固定利率(例如年利率6%)的互换权利，互换在6个月后开始，有效期为5年。如果6个月后5年期的常规互换利率低于6%，公司选择不行使期权，而以常规的形式进入互换交易。但是，如果互换利率大于每年6%，公司将行使互换期权进入互换交易，在互换交易中公司所付出的固定利率要低于市场互换利率。

当以上述形式应用互换期权时，互换期权给企业提供了保护，它使企业避免由于借入资金的利率上涨而带来的风险。互换期权是远期互换[有时也被称为延迟互换(deferred swaps)]的一种替代品。远期互换无须事先支付费用，但其不利之处在于企业一定要履行签署互换合约的义务。而互换期权可使得企业在利率向有利方向变动时有所收益，而同时在利率向不利方向变动时得到保护。互换期权与远期互换的区别类似于外汇期权同外汇远期合约的区别。

欧式互换期权的定价

考虑以下互换期权：我们有权在 T 年后进入互换交易，互换持续 n 年，在互换中我们付出的利率为 R_K，同时收入 LIBOR 利率。假设互换本金为 L，每年支付 m 次。

如第7章所述，在某一时刻，对应于一个期限的互换利率是指新签署一个具有同一期限，并与 LIBOR 利率进行互换时的固定利率。假定在 T 时刻开始并持续 n 年的互换利率为 R（R 及 R_K 的复利形式均为每年 m 次）。将固定利率为 R 的互换现金流与固定利率为 R_K 的现金流进行比较，我们看出该互换期权的收益是由以下一系列现金流组成

$$\frac{L}{m}\max(R-R_K,\ 0)$$

在互换有效期的 n 年内，每年收入 m 次现金流。假设互换付款的日期为 t_1，t_2，…，t_{mn}，时间计算从今天开始，以年为单位(t_i 近似等于 $T+i/m$)。每个现金流是行使价格为 R_K，标的变量为 R 的看涨期权的收益。

在互换期权定价的标准市场模型中，我们将第21.3节中的 V 设定为 R。由式(21-3)，在 t_i 时刻所收现金流的价值为

$$\frac{L}{m}e^{-r_it_i}[F_0N(d_1)-R_KN(d_2)]$$

其中

$$d_1=\frac{\ln(F_0/R_K)+\sigma^2T/2}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2=\frac{\ln(F_0/R_K)-\sigma^2T/2}{\sigma\sqrt{T}}=d_1-\sigma\sqrt{T}$$

式中，F_0 为远期互换利率，r_i 为期限为 t_i 的(连续复利)利率，σ 为远期互换利率的波动率。

期权的整体价格为

$$\sum_{i=1}^{mn}\frac{L}{m}e^{-r_it_i}[F_0N(d_1)-R_KN(d_2)]$$

如果我们定义 A 为在 t_i 时刻支付 $1/m$（$1\leqslant i\leqslant mn$）数量现金合约的价值，那么

$$A=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{mn}e^{-r_it_i}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

因此我们得出互换期权价格为[⊖]

$$LA[F_0N(d_1)-R_KN(d_2)] \tag{21-10}$$

例21-7给出了该式的一个应用。

【例21-7】 利率互换的定价

假定LIBOR收益率曲线为水平，年利率为6%(连续复利)。考虑以下互换期权，持有者具有在5年后开始一个3年期利率互换的权利。在互换中，期权持有人支付5.2%的固定利率，远期互换利率的波动率为20%。付款期为每半年一次，本金为100美元。这时

$$A=\frac{1}{2}(e^{-0.06\times5.5}+e^{-0.06\times6}+e^{-0.06\times6.5}+e^{-0.06\times7}+e^{-0.06\times7.5}+e^{-0.06\times8})=2.0035$$

以连续复利计算的利率6%等价于每半年复利一次的利率6.09%。在这一实例中，$F_0=0.0609$，$R_K=0.062$，$T=5$，$\sigma=0.20$，因此

$$d_1=\frac{\ln(0.0609/0.062)+0.2^2\times5/2}{0.2\sqrt{5}}=0.1836$$

$$d_2=d_1-0.2\sqrt{5}=-0.2636$$

由式(21-10)得出的互换期权价值为

$$100\times2.0035\times[0.0609\times N(0.1836)-0.062\times N(-0.2636)]=2.07$$

即2.07美元(这与DerivaGem计算出的价格一致)。

如果互换期权持有者有权收取R_K而不付出R_K，该互换期权的收益为

$$\frac{L}{m}\max(R_K-R,\ 0)$$

这是一个R上的看跌期权。同以前一样，获得收益的时间为$t_i(1\leqslant i\leqslant mn)$。式(21-4)给出了这一互换期权的价值为

$$LA[R_KN(-d_2)-F_0N(-d_1)] \tag{21-11}$$

DerivaGem软件提供了利用式(21-10)及式(21-11)的一种方式。在Cap_and_Swap_Options工作页上，用户应选择互换期权(Swap Options)为标的变量类型(Underlying Type)，并选择Black - European为定价模型(Pricing Model)来进行计算。

经纪人提供欧式互换期权的隐含波动率。隐含波动率所对应的产品通常为平值期权，这意味着互换期权行使价格等于远期互换利率。表21-2显示了美元市场中典型经纪人的报价数据。标的互换的区间(也就是浮动利息的定息频率)为6个月。期权的期限被列在列上，期限从1个月到5年不等。互换的期限被列在行上，期限的长度从1年到10年不等。表中最左一列的波动率所对应的产品与上限相似，它们也具备以前所述的驼峰现象。但将注意力转移到其他长期互换时，我们也会发现数据仍具备驼峰现象，但隆起的幅度变得要小一些。

⊖ 这里，F_0及R_K的复利频率等于互换的付款频率。例如，如果付款频率为每年两次，那么F_0及R_K的复利频率为每半年一次。假定付款间隔正好为$1/m$，A可以被简化。精确地讲，我们应将式(21-10)及式(21-11)中的A定义为

$$A=\sum_{i=1}^{mn}a_iP(0,t_i)$$

式中，$P(0,t)$为t时刻到期的零票息证券的价格，a_i是以合约中约定的形式计算出的t_{i-1}与t_i之间的时间长度($t_0=T$)。例如，如果t_{i-1}为3月1日，t_i为9月1日，计算天数惯例为实际天数/365，那么$a_i=184/365=0.5041$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表 21-2 经纪人提供的典型的美元互换期权波动率数据(市场中间价，每年%)

期限	替换的期限长度(年)						
	1	2	3	4	5	7	10
1 个月	17.75	17.75	17.75	17.50	17.00	17.00	16.00
3 个月	19.50	19.00	19.00	18.00	17.50	17.00	16.00
6 个月	20.00	20.00	19.25	18.50	18.75	17.75	16.75
1 年	22.50	21.75	20.50	20.00	19.50	18.25	16.75
2 年	22.00	22.00	20.75	19.50	19.75	18.25	16.75
3 年	21.50	21.00	20.00	19.25	19.00	17.75	16.50
4 年	20.75	20.25	19.25	18.50	18.25	17.50	16.00
5 年	20.00	19.50	18.50	17.75	17.50	17.00	15.50

21.7 利率结构模型

在刚刚讨论的欧式债券定价模型中，将来某时刻的债券价格被假设为服从对数正态分布。在上限定价模型中，将来某时刻的远期利率被假设为服从对数正态分布；在欧式互换定价模型中，将来某时刻的互换利率被假设为服从对数正态分布。以上假设彼此之间并不一致，这使得交易员很难比较在不同市场上对于不同产品的定价方式。

这些模型的缺点使它们很难被推广。除了应用于最初设计时的产品对象，这些模型很难被应用于其他产品。例如，对于欧式互换期权的布莱克模型很难被推广到对美式互换期权来定价。一种更为复杂的可应用于对利率衍生证券定价的模型为**期限结构模型**(term structure model)。这种模型描述了利率期限结构的概率行为。期限定价模型比描述股票及货币走向的模型更为复杂，这是因为我们同时要描述整个零息收益曲线的走向，而不仅仅是个单一变量的走向。随着时间的变化，不同期限的利率变化幅度可能不同，因此利率曲线的形状也可能随时变化。

关于如何构造期限结构已超出本书的范围，但在这里应指出，利率变化不同于股票或者汇率或其他资产变化。短期利率(例如 3 个月期限的利率)具备一定的均值回归特性，利率常常被拉回到其长期平均水平附近。当短期利率很高时，它会被拉低；当利率很低时，它又会被拉高。例如，当美国的 3 个月的利率达到 15% 水平时，利率下降的可能性要大于升高的可能性；当利率降到 1% 时，利率升高的可能性要大于下降的可能性。这一点在图 21-3 中有所显示。

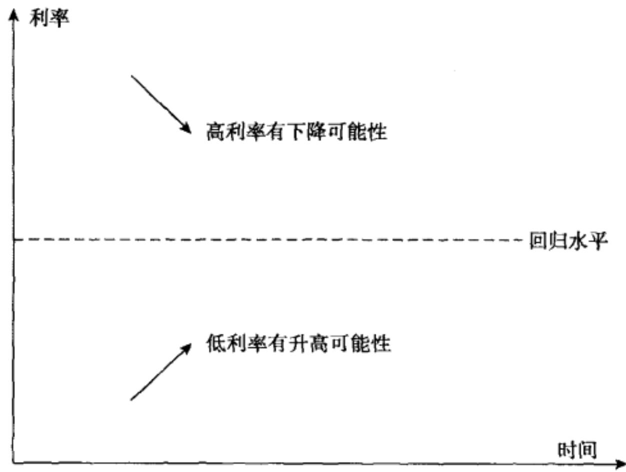


图 21-3 均值回归现象

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

如果股票价格也具备均值回归性，那么市场会产生以下明显的交易策略：在股票达到历史低价位时，投资者会买入股票；在股票达到历史高价位时，投资者会卖出股票。对于具备均值回归特性的3个月期的利率不会产生相应的交易策略，这是因为利率本身并不是可交易证券，市场上不存在某种交易产品，其价格总是等于3个月期的利率。

小结

在实践中，利率期权以多种不同形式出现。例如，在交易所内，长期国债期货期权、中期国债期货期权以及欧洲美元期货期权的交易十分活跃。许多可交易债券包含期权特性。金融机构提供的贷款及存款产品也常常包含内含期权。

场外市场三种流行的产品为债券期权、利率上限及下限和利率互换期权。债券期权持有人有权在将来买入或卖出债券。利率上限(下限)在当浮动利率高于(低于)一定水平时会提供收益。利率互换期权的持有人有权在将来某时刻进入互换，在互换中以一固定利率与浮动利率进行互换。布莱克模型是市场上采用的对于以上产品的定价模型。在债券期权情形，标的债券价格的概率分布被假设为服从对数正态分布；在利率上限及下限情形，标的利率被假设为服从对数正态分布；在利率互换情形，标的互换利率被假设为服从对数正态分布。

推荐阅读

Black, F. "The Pricing of Commodity Contracts," *Journal of Financial Economics*, 3 (1976): 167–79.

Black, F., E. Derman, and W. Toy. "A One-Factor Model of Interest Rates and Its Application to Treasury Bond Options," Financial Analysts Journal, (January/February 1990): 33–39.

Black, F., and P. Karasinski. "Bond and Option Pricing When Short Rates Are Lognormal," *Financial Analysts Journal*, (July/August 1991): 52–59.

Brace A., D. Gatarek, and M. Musiela. "The Market Model of Interest Rate Dynamics," *Mathematical Finance*, 7, 2 (1997): 127–55.

Cox, J.C., J.E. Ingersoll, and S.A. Ross. "A Theory of the Term Structure of Interest Rates," *Econometrica*, 53 (1985): 385–407.

Heath, D., R. Jarrow, and A. Morton. "Bond Pricing and the Term Structure of Interest Rates: A New Methodology," *Econometrica*, 60 (1992): 77–105.

Ho, T.S.Y., and S.B. Lee. "Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims," *Journal of Finance*, 41 (December 1986): 1011–29.

Hull, J.C. *Options, Futures, and Other Derivatives*. 6th edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2006.

Hull, J.C., and A. White. "Pricing Interest Rate Derivative Securities," *Review of Financial Studies*, 3, 4 (1990): 573–92.

Hull, J.C., and A. White. "Using Hull–White Interest Rate Trees," *Journal of Derivatives*, (Spring 1996): 26–36.

James, J., and N. Webber. *Interest Rate Modeling*. Chichester, UK: Wiley, 2000.

Jamshidian, F. "LIBOR and Swap Market Models and Measures," *Finance and Stochastics*, 1 (1997): 293–330.

Miltersen, K., K. Sandmann, and D. Sondermann, "Closed Form Solutions for Term Structure Derivatives with Lognormal Interest Rates," *Journal of Finance*, 52, 1 (March 1997): 409–30.

Rebonato, R. *Interest Rate Option Models*. 2nd edn. New York: Wiley, 1998.

Vasicek, O.A. "An Equilibrium Characterization of the Term Structure," *Journal of Financial Economics*, 5(1977): 177–88.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

测验题

21.1 一家企业签署了一上限合约，合约将3个月期LIBOR利率上限定为每年10%，上限的本金为2 000万美元。在定息日3个月的LIBOR利率为每年12%。根据利率上限协议，收益将如何支付，付款日为何时？

21.2 请解释下列产品(a)可赎回债券及(b)可退还债券的特性。

21.3 请解释为什么一个互换期权可以看做是债券期权。

21.4 采用布莱克模型来对一个期限为1年，标的资产为10年期债券的欧式看跌期权定价。假定债券当前价格为125美元，行使价格为110美元，1年期利率为每年10%，债券远期价格的波动率为每年8%，期权期限内所支付票息的贴现值为10美元。

21.5 假定你买入一个欧洲美元期货看涨期权，行使价格为97.25，当标的欧洲美元期货价格为98.12时，你行使了期权，这一期权收益为多少？

21.6 计算以下期权的价格：在18个月时将3个月期的利率上限定为13%（按季度复利），这一区间的远期利率为12%（按季度复利），本金为1 000美元，第21个月时的无风险利率为每年11.5%（连续复利），远期利率的波动率为每年12%。

21.7 在对利率衍生产品定价时，利率期限结构模型比布莱克模型具备什么样的优点？

练习题

21.8 某家银行采用布莱克模型来对欧式债券期权定价。假定银行采用了5年期限、标的资产为10年债券的期权隐含波动率来对一个9年期的期权定价，期权的标的债券同上。你所得到的价格是太高还是太低？

21.9 考虑一个具有4年期限、标的资产为5年期债券的期权。5年期债券价格为105美元，与5年期债券具有同样票息率的4年期债券的价格为102美元，期权行使价格为100美元，4年期无风险利率为每年10%（连续复利），期权标的债券远期价格波动率为每年2%。4年期债券的本金贴现值为多少？4年期债券的利息的贴现值为多少？期权标的债券的远期价格为多少？期权价格为多少？

21.10 某一期权的期限为5年，标的资产为10年期的债券，债券收益率波动率为22%，如何对这一期权进行定价？假定在基于今天的利率下，债券在期权满期时的久期为4.2年，债券远期收益率为7%。

21.11 已知一家企业在90天时需要投资500万美元，投资收益率为LIBOR－50个基点，企业想保证投资收益率不低于6.5，企业应在交易所进行什么样的交易来达到其所要求的投资收益率？

21.12 请仔细解释你如何利用以下变量来对利率上限定价：(a)即时波动率，(b)单一波动率。

21.13 什么样的金融产品等价于一个利率上限及利率下限的行使价格相同的5年期的零息利率双限？这里的共同行使价格等于什么？

21.14 假定1年、2年、3年、4年及5年期的零息利率分别为6%、6.4%、6.7%、6.9%及7%。5年有效期，每半年付款一次，面值为100美元，上限利率为8%的利率上限价格为2美元，应用DerivaGem软件来确定：

a. 5年期上限及下限的单一波动率；

b. 上限利率为8%的零息利率双限中的下限利率。

21.15 证明 $V_1+f=V_2$，其中 V_1 为介于 T_1 时刻与 T_2 时刻付出固定利率 R 并同时收入LIBOR的互换期权的价格，f 为介于 T_1 时刻与 T_2 时刻收入固定利率并同时付出LIBOR的远期利率互换的价格，V_2 为介于 T_1 时刻与 T_2 时刻收入固定利率 R_K 的互换期权的价格。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

用以上公式来求证，当 R_K 等于当前远期互换利率时，$V_1 = V_2$。

21.16 请说明当上限隐含的(布莱克)单一波动率不等于利率下限隐含的单一波动率时，会有套利机会。

21.17 假定零息利率如练习题21.14所示，采用DerivaGem来决定以下期权的价格：期权持有人在1年时有权进入一个5年期的利率互换，在互换中支付的固定利率为6%，同时收入LIBOR，互换本金为1亿美元，互换付款日为每半年一次，互换利率的波动率为21%。

作业题

21.18 考虑一个8个月期、标的债券为14.25年的国债看跌期权，债券面值为1 000美元，债券当前的现金价格为910美元，行使价格为900美元，远期债券价格波动率为每年10%，在3个月后债券将支付利息35美元，一年期限内所有期限的无风险利率为每年8%，采用布莱克模型为这一期权定价。在定价中考虑以下两种情形：行使价格为债券现金价格；行使价格为债券报价。

21.19 采用DerivaGem对以下5年期的双限进行定价：双限保证LIBOR(每季度确定一次利率)的最大及最小利率分别为7%及5%，LIBOR零息曲线(连续复利)为水平6%，在定价中采用单一波动率20%，本金数量为100。

21.20 假定LIBOR收益率曲线为水平8%(每年复利)。某个互换期权给期权持有者以下权利：在4年后可以进入一个5年期的互换，在互换中收入7.5%固定利率，互换中的付款为每年一次，互换利率的年波动率为25%，本金为100万美元。采用布莱克模型来对以上期权进行定价。将你的结果同DerivaGem进行比较。

21.21 计算一个9个月期、标的变量为3个月期LIBOR的利率上限价格，其中本金为1 000美元。采用布莱克模型及以下信息进行计算：9个月期的欧洲美元期货价格为92，9个月期的欧洲美元期权隐含波动率为每年15%，当前连续复利的12个月期限的利率为每年7.5%，上限利率为每年8%。

21.22 采用DerivaGem对以下欧式互换期权进行定价：期权持有者有权在2年后进入一个5年期的互换。在互换中付出6%固定利率，同时收入浮动利率，互换中的现金流为每半年交换一次。1年、2年、5年及10年期的零息利率分别为5%，6%，6.5%及7%。假定本金为100美元，波动率为每年15%。举出企业使用互换期权的一个实例。什么样的债券期权等价于利率互换期权？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 22

第 22 章

特种期权和其他非标准产品

本书前 21 章所涉及的衍生产品可以统称为**简单产品**(plain vanilla product)，这些产品的定义非常标准并且意义明确。在市场上，简单产品交易比较活跃，其价格或隐含波动率可以在交易所或衍生产品交易商那里定期取得。令人兴奋的是，在场外衍生产品市场内，金融工程师发明了许多非标准[或称特种(exotics)]产品。虽然特种产品占整体交易组合的比例仍然很低，但这类产品对衍生品交易商与投资银行很重要，这是因为它们的盈利要比简单产品更为丰厚。

特种产品的产生有许多原因：有时是为了满足某种对冲需求，有时是由于税务、财会、法律或监管等原因，企业资金部或基金经理发现特种产品更能满足自身的需求，有时是为了反映企业资金部或基金经理对于市场变量将来走向的预测，也有某些情形下由投资银行所设计的特种产品是为了吸引那些不太老练的资金部主管或基金经理的注意力。

本章首先讨论之前所涉及的标准看涨和看跌期权的不同形式，然后讨论房产抵押债券(mortgage-backed security)，这类产品已经成为美国利率衍生品市场的重要组成部分。随后将讨论非标准互换产品。本章的主要目的是让读者对特种产品有一个初步认识。我们应认识到本章所讨论的特种产品只占整体特种产品市场的一小部分。

22.1 特种期权

本节将描述几种不同类型的**特种期权**(exotic option)，期权的标的资产可以是股票、股指和货币等。我们对于这些不同的特种期权的分类与艾瑞可・瑞纳(Eric Reiner)及鲁宾斯坦于 1991 年和 1992 年在《风险》(*Risk*)杂志上刊登的一系列优秀文章的分类类似。我们可以采用 DerivaGem 软件来对亚式期权、障碍期权、两值期权、选择人期权、复合期权以及回望期权进行定价。[⊖]

⊖ 市场上对这些特种期权的定价过程在赫尔的《期权、期货和其他衍生产品》(该书中文版由机械工业出版社出版)一书的第 22 章有所描述。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

22.1.1 组合期权

组合期权(package)是由标准欧式看涨期权、欧式看跌期权、远期合约、现金及标的资产所构成的证券组合。我们在第 11 章曾讨论过若干组合期权：牛市差价、熊市差价、蝶式差价、日历差价、跨式期权、异价跨式期权，等等。

金融工程师经常将组合期权设计成初始成本为 0。具有 0 成本的组合期权的一个特例是范围远期合约。我们曾在第 15 章对这一产品有过讨论。范围远期合约是由一个看涨期权的长头寸与一个看跌期权的短头寸，或由一个看涨期权的短头寸及一个看跌期权的长头寸组合而成，这里看涨期权的行使价格高于看跌期权的行使价格。

22.1.2 非标准美式期权

标准美式期权在有效期内任何时刻均可以被行使，并且行使价格相同，但场外市场交易的美式期权并不一定满足这些特性。例如：

(1)提前行使时间只限于期权有效期内的某些特定日期。此类产品被称为**百慕大式期权**(Bermudan option)，因为百慕大介于欧洲与美洲之间！

(2)提前行使只限于期权有效期内的某个特定区间。

(3)在有效期内，期权行使价格会有所变化。

由公司发行的认股权证常常会具备以上特性。例如，某 7 年期的认股权证的行使日期只可能为第 3 年与第 7 年之间的某些特定日期上，在第 3 年与第 4 年之间行使价格为 30 美元，在接下来两年行使价格为 32 美元，在最后一年行使价格为 33 美元。

我们可以采用二叉树来对非标准美式期权进行定价，在树上可行使期权的节点上需要检测期权能否被行使以及行使期权是否为最优。

22.1.3 缺口期权

缺口看涨期权(gap call option)类似于一个欧式看涨期权，当 $S_T > K_2$ 时，其收益是 $S_T - K_1$。缺口看涨期权与一个常规的行使价格为 K_2 的看涨期权的不同之处在于，其收益增加了 $K_2 - K_1$（该增量可正可负，取决于 $K_2 > K_1$ 还是 $K_2 < K_1$）。

缺口看涨期权可以通过布莱克－斯科尔斯－莫顿的变形公式来定价。运用以往的符号，其价值为

$$S_0 e^{-qT} N(d_1) - K_1 e^{-rT} N(d_2) \tag{22-1}$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K_2) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

该公式给出的价格高于行使价格为 K_2 的常规看涨期权，其增量为

$$(K_2 - K_1) e^{-rT} N(d_2)$$

为了理解其中的差别，注意期权被行使的概率为 $N(d_2)$，当期权被行使时，缺口期权的持有人的收益比常规期权的收益高出 $K_2 - K_1$。

对于一个**缺口看跌期权**(gap put option)，当 $S_T < K_2$ 时，其收益为 $K_1 - S_T$。缺口看跌期权的价格为

$$K_1 e^{-rT} N(-d_2) - S_0 e^{-qT} N(-d_1) \tag{22-2}$$

其中，d_1 和 d_2 的定义如式(22-1)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

例 22-1 介绍了缺口期权是如何在再保险业中应用的。

【例 22-1】 保险业中的缺口期权

某资产当前价值为 500 000 美元，在今后一年，其波动率预计为 20%，已知无风险利率为 5%，该资产无其他收入。假设某保险公司同意在一年后当资产价格低于 400 000 美元时，以 400 000 美元的价格购买该资产。也就是说如果 $S_T < 400\,000$，收益为 $400\,000 - S_T$。这时保险公司为投保人提供了一个常规的看跌期权，使其有权在一年后以 400 000 美元的价格卖出资产。通过式(13-21)，$S_0 = 500\,000$，$K = 400\,000$，$r = 0.05$，$\sigma = 0.2$，$T = 1$，期权的价格为 3 436 美元。

假设资产转移的成本为 50 000 美元，而且该成本由投保人支付。期权只有在资产价值低于 350 000 美元时才会被行使。在这种情况下，保险公司的成本为 $K_1 - S_T$，当且仅当 $S_T < K_2$ 才会触发这一成本，其中 $K_2 = 350\,000$，$K_1 = 400\,000$，S_T 为资产一年以后的价值。这里的期权就是缺口看跌期权。通过式(22-2)，当 $S_0 = 500\,000$，$K_1 = 400\,000$，$K_2 = 350\,000$，$r = 0.05$，$\sigma = 0.2$，$T = 1$。期权的价格为 1 896美元。由于投保人在申报时需要支付一定的成本，这使得保险公司的成本降低了 45%。

22.1.4 远期开始期权

远期开始期权(forward start option)是在未来某时刻才开始的期权，第 14 章讨论的雇员股票期权可以看做远期开始期权的特例。在一个典型的雇员股票期权计划中，在将来某时刻公司会给高层经理一定数量的期权，期权为平值(at-the-money)期权。

当标的资产不提供任何中间收入时，一个远期开始期权的价格(采用布莱克 - 斯科尔斯 - 莫顿模型)与一个一般的具有相等期限的平值期权价格等同。例如，一个在 3 年后开始，5 年后到期的远期开始期权价格等于一个今天开始，期限为两年的平值期权价格(见练习题 22.13)。

22.1.5 复合期权

复合期权(compound option)是期权上的期权。复合期权主要有 4 种类型：看涨期权上看涨期权、看涨期权上看跌期权、看跌期权上看涨期权、看跌期权上看跌期权。复合期权有两个行使价格和两个到期日。例如，考虑如下看涨期权上看涨期权，在第 1 个到期日(行使日期) T_1，复合期权的持有人有权付 K_1 的行使价格来获得看涨期权。所获的看涨期权给复合期权持有人以第 2 个行使价格 K_2 在第 2 个到期日(执行日期) T_2 买入资产的权利。只有第 2 个期权在第 1 个到期日的价格高于第 1 个行使价格时，复合期权才会被行使。同一般简单期权相比，复合期权的价格对于波动率的变化更为敏感。

22.1.6 选择人期权

选择人期权(chooser option)有时也被称做**任选期权**(as-you-like-it option)。该期权具有以下特性：在经过一段指定的时间之后，持有人能够选择所持有的期权是看涨期权还是看跌期权。假定持有人做出选择的时刻为 T_1，这时选择人期权的价值为

$$\max(c,\ p)$$

式中，c 为选择人期权中标的看涨期权的价格，p 为选择人期权中标的看跌期权的价格。

如果选择人期权的两个标的期权均为欧式期权，并且具有同样的行使价格，那么可以通过看

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

跌-看涨期权的平价关系式来推导出选择人期权的定价公式。假定 S_1 为标的资产在 T_1 的价格，K 为行使价格，T_2 为期权的到期日，r 为无风险利率，q 为标的资产的股息收益率。由看跌－看涨期权的平价关系式得出

$$\max(c, p) = \max(c, c + Ke^{-r(T_2-T_1)} - S_1 e^{-q(T_2-T_1)})$$
$$= c + e^{-q(T_2-T_1)}\max(0, Ke^{-(r-q)(T_2-T_1)} - S_1)$$

以上关系式显示选择人期权是一种组合期权，其构成为

(1)行使价格为 K，到期日为 T_2 的看涨期权。

(2)$e^{-q(T_2-T_1)}$ 份行使价格为 $Ke^{-(r-q)(T_2-T_1)}$，到期日为 T_1 的看跌期权。

因此，很容易对选择人期权进行定价。

22.1.7 障碍期权

障碍期权(barrier option)取决于标的资产的价格在一段特定时间区间内是否达到某个特定水平。有几种不同的障碍期权在场外市场进行交易。因为它们通常比常规的期权便宜，所以障碍式期权颇受投资者的青睐。障碍期权可分为**敲出期权**(knock-out option)和**敲入期权**(knock-in option)两类。当标的资产价格达到一定水平时，敲出期权不再存在；当标的资产价格达到一定水平时，敲入期权才开始存在。

敲出期权又可以被分成 4 类：**上涨－敲出看涨期权**(up-and-out call)是一个常规看涨期权，但当标的资产价格达到一定的障碍水平后，此期权得以消失。在期权刚刚开始时，障碍水平高于标的资产价格。**下跌－敲出看涨期权**(down-and-out call)的定义类似，其不同之处是在期权刚刚开始时，障碍水平低于标的资产价格。**上涨－敲出看跌期权**(up-and-out put)以及**下跌－敲出看跌期权**(down-and-out put)的定义类似。

敲入期权也可以被分成 4 类：**上涨－敲入看涨期权**(up-and-in call)是一个常规看涨期权，但只有在当标的资产价格达到一定的障碍水平后，此期权才得以存在。在期权刚刚开始时，障碍水平高于标的资产价格。**下跌－敲入看涨期权**(down-and-in call)的定义类似，其不同之处是在期权刚刚开始时，障碍水平低于标的资产价格。**上涨－敲入看跌期权**(up-and-out put)以及**下跌－敲入看跌期权**(down-and-out put)的定义类似。障碍期权的价格同常规期权的价格之间有一定关系。例如，一个下跌－敲出看涨期权加上一个下跌－敲入看涨期权等于一个常规欧式看涨期权(行使价格、到期日以及障碍水平均一致)。与此类似，一个下跌－敲出看跌期权加上一个下跌－敲入看跌期权等于一个常规欧式看跌期权。

障碍期权同常规期权有很不一样的性质。例如，有时障碍期权的 Vega 为负值。考虑一个上涨－敲出看涨期权，当标的资产的价格接近障碍水平时，波动率增加会导致标的资产价格达到障碍水平的概率增加，因此波动率的增加会造成价值下降。

在检验资产价格是否达到障碍时，有时会观察到资产价格的频率或多或少是连续的。[⊖]但在其他情形下，合约会阐明观察资产价格的频率(例如，每天中午 12 点)。

22.1.8 两值期权

两值期权(binary option)是具有不连续收益的期权。一个简单的例子是**现金或空手看涨期权**(cash-or-nothing call)。在到期日 T，如果标的资产价格低于行使价格，该期权的收益为 0，但当标的资产价格高于行使价格时，该期权的收益为规定数量 Q。在风险中性世界中，期权到期时标

⊖ 一种跟踪股票价格是否从下面(上面)达到障碍水平的做法是向交易所发出限价指令，限价指令注明当障碍水平达到时卖出(买入)资产。此限价指令可以检验资产价格是否达到障碍水平。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

的资产价格高出行使价格的概率为 $N(d_2)$ ，因此，现金或空手看涨期权的价格为 $Qe^{-rT}N(d_2)$ 。**现金或空手看跌期权**(cash-or-nothing put)的定义与现金或空手看涨期权类似，在到期日 T ，如果标的资产价格高于行使价格，该期权的收益为0，但当标的资产价格低于行使价格时，该期权的收益为规定数量 Q 。现金或空手看涨期权的价格为 $Qe^{-rT}N(-d_2)$ 。

另一种两值期权为**资产或空手看涨期权**(asset-or-nothing call)。在到期日 T ，如果标的资产价格低于行使价格，该期权的收益为0，但当标的资产价格高于行使价格时，该期权的收益为标的资产本身。我们可以得出，资产或空手看涨期权的价格为 $S_0e^{-qT}N(d_1)$ 。**资产或空手看跌期权**(aseet-or-nothing put)的定义与资产或空手看涨期权类似，在到期日 T ，如果标的资产价格高于行使价格，该期权的收益为0，但当标的资产价格低于行使价格时，该期权的收益为标的资产本身。资产或空手看跌期权的价格为 $S_0e^{-qT}N(-d_1)$ 。

一个常规的欧式看涨期权等于一个资产或空手看涨期权的长头寸与一个现金或空手看涨期权的短头寸组合，其中现金或空手看涨期权的现金收益为行使价格。类似地，一个常规的看跌欧式期权等于一个现金或空手看跌期权的长头寸与一个资产或空手看跌期权的短头寸组合，其中现金或空手看跌期权的现金收益为行使价格。

22.1.9 回望期权

回望期权(lookback option)的收益与在期权有效期内标的资产的最大值或最小值有关。欧式回望看涨期权的收益等于最后的标的资产价格超出期权有效期内标的资产的最低价格的差价；欧式回望看跌期权的收益等于期权有效期内标的资产的最高价格超出最后的标的资产价格的差价。

回望看涨期权是为了期权持有者能以期权有效期内资产所能达到的最低价格买入资产。类似地，回望看跌期权是为了期权持有者能以期权有效期内资产所能达到的最高价格卖出资产。回望期权的标的资产往往是商品。为了计算标的资产价格的最大值和最小值，我们必须观测标的资产的价格变化。观测标的资产价格变化的频率对于产品定价而言非常重要，因此，在合约中需要有明确规定。

22.1.10 喊价式期权

喊价式期权(shout option)为欧式期权，期权持有者在期权有效期内可以向期权承约人(卖出方)“喊价”。在期权到期时，期权持有者的收益等于常规期权收益与喊价时期权内涵值的最大值。假定期权行使价格为50美元，在标的资产价格为60美元时，期权持有者喊价。如果最终的标的资产价格小于60美元，期权持有者的收益为10美元；如果最终的标的资产价格大于60美元，期权持有者的收益等于标的资产价格超出50美元的余额。

喊价式期权同回望期权有些类似，但其价格会便宜很多。如期权持有者在时间 τ，资产价格为 S_τ时进行喊价，那么最终的期权收益为

$$\max(0,\ S_T - S_\tau) + (S_\tau - K)$$

式中，K 为行使价格，S_T为时间 T 时的资产价格。在时间 τ 时，如果期权持有者喊价，其即时价格等于 $S_\tau - K$ 的贴现值加上一个行使价格为 S_τ的期权的价格。因此，我们可采用二叉树来对喊价式期权进行定价。

22.1.11 亚式期权

亚式期权(Asian option)的收益同标的资产在期权有效期内至少某一段时间内的平均价格有关。**平均价格看涨期权**(average price call)的收益为 $\max(0,\ S_{ave} - X)$ ，**平均价格看跌期权**(average price put)的收益为 $\max(0,\ X - S_{ave})$ ，其中 S_{ave}为某一特定区间内标的资产的平均值。平均价

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

格期权比常规期权便宜，并且此种期权可能更适合公司资金部主管的需求。假设一家美国公司的资金部主管期望在来年陆续并均匀地接收其澳大利亚子公司 1 亿澳元的现金流，该主管有可能会对一种能够保证该年内平均汇率高于某一水平的期权感兴趣，因为平均价格看跌期权比常规看跌期权更能满足其需求。我们曾经在第 18 章讨论过如何将二叉树与蒙特卡罗模拟相结合来对亚式期权定价。

另外一种类型的亚式期权为**平均行使价格期权**(average strike options)。平均行使价格看涨期权(average strike call)的收益为 max $(0, S-S_{ave})$，而平均行使价格看跌期权(average strike put)的收益为 max $(0, S_{ave}-S)$。平均行使价格期权可以保证在一段时间内频繁买入标的资产的平均价格低于最终价格。另外，它也可以保证在一段时间内频繁卖出标的资产的平均价格高于最终价格。

22.1.12 资产交换期权

资产交换期权[options to exchange one asset for another，有时也被称为交换期权(exchange options)]有多种变形。从美国投资者的观点来看，适用于用日元来购买澳元的期权是把一种外币资产交换另一种外币资产的期权。股票投标是将一种股票交换另一种股票的期权。

获得两个资产中较好或较差资产的期权同交换期权密切相关，此类期权等于其中某种资产与资产交换期权的组合：

$$\min(U_T, V_T) = V_T - \max(V_T - U_T, 0)$$
$$\max(U_T, V_T) = U_T + \max(U_T - V_T, 0)$$

22.1.13 涉及多种资产的期权

在市场上，涉及两种或更多风险资产的期权有时也被称为**彩虹期权**(rainbow options)。一个例子是第 6 章中描述的在 CBOT 交易的债券期货合约，此期货合约允许短头寸方在交割时从大量不同的债券中进行选择。

最为普遍的涉及多种资产的期权实例为**篮筐式期权**(basket option)，该期权的收益同组合(篮筐)资产的价值有关，这里的资产常常为股票、股指及货币。篮筐式期权的价格与篮筐内所有标的资产的波动率有关，同时也与资产之间的相关系数有关。相关系数一般是通过历史数据来估计。

22.2 房产抵押贷款证券

美国利率衍生品市场的一个特点是**房产抵押贷款证券**(mortgage-backed securities，MBS)在市场交易中非常活跃。当金融机构决定向客户出售部分住房贷款时，这种产品应运而生。将所有的住房贷款放在一起，投资者可以购买其中一些份额来达到投资的目的，投资者所购买的单位被称为房产抵押贷款证券。投资者希望能够根据自身意愿将自己所购买的份额出售给其他人，因此二级市场也随之产生。持有代表某个住房贷款组合 $X\%$ 份额的投资者有权从这一组合中获得住房贷款组合所收取的面值与利息现金流的 $X\%$。

组合中的住房贷款通常由诸如美国政府国民住房抵押贷款协会(Government National Mortgage Association，GNMA)或联邦国民住房抵押贷款协会(Federal National Mortgage Association，FNMA)这些与政府有关的机构来担保，以使得投资者不承担违约风险。这使 MBS 看起来好像是一个政府发行的常规固定收入证券。但实际上，MBS 与常规的固定收入证券之间有很大的不同。MBS 的住房贷款具有某种提前偿付特权。对房主而言，这些提前偿付特权很有价值。在美国，一个典型的住房贷款的期限为 30 年，并可以在任意时刻提前偿付。这意味着，房主持有 30 年期的美式期

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

权，随时可将房屋贷款的面值退还给贷款借出方。

在实践中，提前偿付的原因多种多样。有时利率下跌，房主决定以更低的利率再进行融资。在另外一些情形，提前偿付的简单原因是房屋已经被出售。对 MBS 估价的关键是确定提前偿付函数(prepayment function)。该函数描述了在某个时刻，房屋贷款提前偿付与利率以及其他变量之间的函数关系。

用提前偿付函数来预测某个单一住房贷款的提前偿付情况是很不可靠的。当许多类似的住房贷款合并在某个组合时，大数定律(law of large number)会起作用。通过历史数据，我们可以较为精确地计算提前偿付的数量。我们前面谈过，提前偿付并不是完全由于利率的因素，无论如何，提前偿付在利率低时会更容易产生。这意味着，投资者要求 MBS 比其他固定收入产品付更高的利息以补偿再投资时会得到较低的收益率。

22.2.1 分级偿还房产抵押贷款证券

我们到现在为止所描述的 MBS 有时被称为**过手证券**(pass-through)。这里，所有的投资者都获得同样的收益并承受同样的提前偿付风险，并不是所有的 MBS 都是以这种方式运作。分级偿还房产抵押贷款证券(collateralized mortgage obligations，CMO)将投资者分成不同的类型，并设定一套规则以决定对不同类型投资者本金的支付方式。类似于 ABS(见第 8 章)中不同的份额承担着不同信用风险，MBS 中的不同份额承担不同的提前偿付风险。

作为一个 CMO 的实例，考虑某个 MBS，其投资者被分成三类：A 类、B 类和 C 类。所有的本金支付(既包括按计划的，也包括提前支付的)先分配给 A 类投资者，直到该类投资者的支付全部完毕。然后，本金支付分配给 B 类投资者并直到该类投资者的支付全部完毕。最后，本金支付分配给 C 类投资者。这时，A 类投资者所承受的提前偿还风险最大。可以预计，A 类证券的期限比 B 类要短，同样，B 类证券的期限比 C 类要短。

这种结构的目的是产生不同类型的证券。对机构投资者而言，这种证券比那些简单的过手证券更有吸引力。不同类型证券所对应的提前偿付风险取决于每一类证券的面值。例如，A 类、B 类和 C 类的面值分别为 400、300 及 100 时，C 类承担的提前偿付风险很小。但当各类的面值分别为 100、200 及 500 时，C 类会承担更大的提前偿付风险。

22.2.2 仅利息证券和仅本金证券

在**剥离 MBS**(stripped MBS)中，本金和利息被分开支付。所有的本金支付对应于一类证券，此类证券被称为仅本金(principal only，PO)证券。所有的利息支付对应于另一类证券，此类证券被称为仅利息(interest only，IO)证券。IO 及 PO 证券都是风险投资。当提前偿付比率上涨时，PO 证券的价值有所增加而 IO 证券的价值有所减少。当提前偿付比率下跌时，情况则相反。在 PO 证券中，投资者会收到固定数额的本金收益，但收到现金流的时间不定。较高的提前偿付率会导致提前收到本金(当然，对 PO 证券的持有人而言，这是好消息)；较低的提前偿付率会导致延迟收到本金，这会减少 PO 证券的收益率。在 IO 证券中，投资者所收到现金流不定，提前偿付率越高，投资者收到的现金流越低，反之亦然。

22.3 非标准互换

在第 7 章，我们曾讨论了简单利率互换。简单利率互换是浮动 LIBOR 利率与固定利率互换。第 7 章中的业界实例 7-1 是一个虚拟的简单利率互换确认书。在本节，我们将描述几种非标准互

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

换合约。[⊖]

22.3.1 简单交易的变形

许多利率互换会涉及对第7章中所讨论的简单利率互换进行一些稍微的变形。有时利率互换的本金会随时间以某种固定的形式变化。当本金随时间变化有所增加时，利率互换被称为本金逐步增加互换(step-up swap)。当本金随时间变化有所递减时，利率互换被称为本金分期减少互换(amortizing swap)。当某家公司对一项目进行融资而以浮动利率借入资金，借入资金的数量逐渐增加，这时如果公司希望将浮动利率转换为固定利率，本金逐步增加互换将会非常有用。当某家公司的债务为固定利率，而本金数量逐步递减时，本金分期减少互换可将固定利率的现金流转换为浮动利率现金流。

互换交易的双方可以有不同的本金，双方付款频率可以不同。这些在业界实例22-1中有所描述，这一虚拟的互换交易是微软与高盛之间的交易，交易的浮动利率方的面值为1.2亿美元，固定利率方的面值为1亿美元，浮动利率付款频率为每个月一次，固定利率付款频率为每6个月一次。

浮动利率方的参考利率并不一定总是LIBOR。在有些情形下，参考利率可以是商业票据(commercial paper，CP)利率。在**基差互换**(basis swap)中，以某浮动利率为基准的现金流与另一浮动利率为基准的现金流进行交换。例如，在某基差互换中，3个月期的CP利率加上10个基点与3个月期的LIBOR进行交换，双方的面值均为1亿美元。金融机构的资产及负债往往与不同的浮动利率有关，金融机构可以采用基差互换来达到对资产负债管理的目的。

业界实例22-1 虚拟非标准互换确认书摘要

交易日：2010年1月5日
生效日：2010年1月11日
业务无惯例：随后第1个工作日
假期日历：美国
终止日：2015年1月11日

固定利息方
固定利息付出方：微软
固定利息名义本金值：1亿美元
固定利率：每年6%
固定利率天数计量惯例：实际天数/365
固定利率付款日：2010年7月11日到2015年1月11日的每个7月11日及1月11日(包括2015年1月11日)

浮动利息方
浮动利息付出方：高盛
浮动利息本金：1.2亿美元
浮动利率：1个月期的美元LIBOR
浮动利率天数计量惯例：实际天数/360
浮动利率付款日：2010年7月11日到2015年1月11日的每月的11号(包括2015年1月11日)

22.3.2 复合互换

另一个对于简单利率互换变形的合约为**复合互换**(compounding swap)。在业界实例22-2中我们给出了一个复合互换的确认书。在这一实例中，无论是对于浮动利率方还是固定利率方都只有一个付款日，这一付款日为利率互换的截止日。浮动利率为LIBOR+20个基点。未定时将付款交割，而是浮动利息一直按LIBOR+10个基点的利率被复合到利率互换的截止日期。固定利率为6%，未定时将付款进行交割，而是此利息也按6.3%的利率复合到利率互换的截止日期。

⊖ 本节所讨论的互换的定价过程在作者《期权、期货和其他衍生产品》(该书中文版由机械工业出版社出版)一书中有所描述。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

业界实例 22-2 某虚拟复合非标准互换确认书摘要

交易日：2010 年 1 月 5 日
生效日：2010 年 1 月 11 日
假期日历：美国
业务天惯例：随后第 1 个工作日
终止日：2015 年 1 月 11 日
固定利息方
固定利息付出方：微软
固定利息名义本金：1 亿美元
固定利率：每年 6%
固定利率天数计量惯例：实际天数/365
固定利率付款日：2015 年 1 月 11 日
固定息复合利率：6.3%
固定息利率复合日期：2010 年 7 月 11 日到 2014 年 7 月 11 日的每个 7 月 11 日及 1 月 11 日（包括 2014 年 7 月 11 日）
浮动利息方
浮动利息付出方：高盛
浮动利息本金：1 亿美元
浮动利率：1 个月期的美元 LIBOR
浮动利率天数计量惯例：实际天数/360
浮动利率付款日：2015 年 1 月 11 日
浮动息复合利率：LIBOR + 10 个基点
浮动息利率复合日期：2010 年 7 月 11 日到 2014 年 7 月 11 日的每个 7 月 11 日及 1 月 11 日（包括 2014 年 7 月 11 日）

22.3.3 货币互换

在第 7 章，我们引入了货币互换。货币互换可以将在一种货币下的利率暴露转化为另一种货币下的利率暴露。通常货币互换的本金在不同的货币之下。如在 7.8 节所述，货币互换的本金在货币互换起始以及结束时都要进行互换。

假设一个货币互换其中一方货币为美元（USD），另一方为英镑（GBP）。在一个固定利率与固定利率的互换中，对每种货币均要阐明其固定利率，美元利息以美元利率与美元本金来结算，英镑利息以英镑利率与英镑本金来结算。

另外一种货币互换为浮动与浮动利率的互换，在这种互换中，美元利息以美元浮动利率 LIBOR（可能要加上一定的溢差）与美元本金来结算；与此类似，英镑利息以英镑浮动利率 LIBOR（可能要加上一定的溢差）与英镑本金来结算。第 3 种货币互换为一种货币下的浮动利率与另一货币下的固定利率进行交换。

22.3.4 定价与凸率调解

在第 7 章我们曾指出，在假设将来的利率等于市场上所观察到的远期利率的情况下，我们可以对简单利率互换及货币互换进行定价，也可以利用同样的假设来对到目前为止所描述的非标准互换进行定价。但是，这一假设对我们接下来所要描述的互换定价是不适用的。对这些互换进行定价，必须假定将来的利率等于市场上所观察到的远期利率加上一个调解量，这一调解量被称为**凸率调整**（convexity adjustment）。⊖

22.3.5 LIBOR 置后互换

在简单利率互换中，在一个付款日所观察到的浮动利率将在下一个付款日进行交割。但有时也会交易一种称为 **LIBOR 置后互换**（libor-in-arrears swap）的产品。在这一产品中，所交割的浮动利率等于在同一时刻所观察到的利率本身。

⊖ 有关凸率调整，请参考作者《期权、期货与其他衍生产品》（中文版由机械工业出版社出版）一书。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

22.3.6 固定期限互换

固定期限互换（CMS Swap）是利率互换的一种变形，在这种互换中，浮动利率等于某一固定期限的互换利率。例如，浮动利率的付款日为每 6 个月，付款利率总是等于 5 年的互换利率。通常付款日与定息日有一段间隔，因此在一个时间段付款的利率应等于在前一时间段所观察的互换率。假定利率在 t_0，t_1，t_2，…，进行设定，付款日为 t_1，t_2，t_3，…，L 为本金。对应于 t_{i+1} 的付款量为 $\delta_i L s_i$，式中，$\delta_i = t_{i+1} - t_i$，s_i 为在 t_i 时刻的 5 年期互换利率。

22.3.7 交叉货币度量互换

交叉货币度量互换（differential swap）有时也被称为差异互换，此互换是将在某种货币上的浮动利率应用于另一种货币的本金之上。例如，互换中一方的付款量等于美元 LIBOR 乘以美元本金，另一方的付款量等于英镑 LIBOR（加上或减去一个溢差）乘以同一个美元本金。差异互换有时也被称为 Quantos。

交叉货币度量互换是一种纯粹的利率交易（pure interest rate play），这种互换与常规的浮动－浮动货币互换有所不同。在 Diff 互换中，如果相对美元 LIBOR 而言，英镑 LIBOR 有所增长，支付英镑的一方会有收益，否则会有亏损。在英镑浮动利率与美元浮动利率的互换中，收益既同汇率有关也与美元和英镑的利率变动有关。

22.3.8 股权互换

股权互换（equity swap）中的某一方同意付出一定的本金数量的股指收益，另一方同意付出一定的本金数量的固定或浮动利率收益。通过采用股权互换，基金经理可以在不买入或卖出股指的前提下，增大或缩小对于某股指的风险暴露。股权互换是一种较为便利地将几种股指远期进行打包以便满足市场需求的交易形式。

这里的股指通常为全收益指数，全收益指数是指所有股息都被再投资到股指所包括的股票里。业界实例 22-3 中是一个股权互换的确认书。在此股权互换中，微软向高盛支付 6 个月的 S&P 500 收益，高盛向微软支付 6 个月的 LIBOR，双方本金均为 1 亿美元，付款频率为每 6 个月一次。

业界实例 22-3　某虚拟的股权互换确认书摘要

交易日：2010 年 1 月 5 日
生效日：2010 年 1 月 11 日
假期日历：美国
业务天惯例：随后第 1 个工作日
终止日：2015 年 1 月 11 日

股权方

股权付款方：微软
股权方面值：1 亿美元
股权指数：S&P 500 整体收益
股权指数收益率：$100(I_1 - I_0)/I_0$，其中 I_1 为付款日的指数水平，I_0 为前一个付款日的指数水平。在此例中，第 1 个付款日的 I_0 为 2010 年 1 月 11 日的指数水平
股权付款日期：2010 年 7 月 11 日到 2015 年 7 月 11 日的每个 7 月 11 日及 1 月 11 日（包括 2015 年 7 月 11 日）

浮动利息方

浮动利息付出方：高盛
浮动利息本金：1 亿美元
浮动利率：美元 6 月期 LIBOR
浮动利率天数计量惯例：实际天数/360
浮动息利息付款日期：2010 年 7 月 11 日到 2015 年 1 月 11 日的每个 7 月 11 日及 1 月 11 日（包括 2015 年 1 月 11 日）

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

22.3.9 累计互换

在**累计互换**(accrual swap)中，互换一方的利息只有在浮动利率位于一定范围内时才得以累计。有时在互换整个有效期内，利率的范围保持不变；有时利率范围需要重新设定。

我们考虑一个简单的累计互换。在这一交易中，6%固定利率与3个月期的LIBOR利率在每季度进行交换，互换的本金为1亿美元，固定利息只有在3个月期的LIBOR利率低于8%时才得以累计。定义n_1为在互换期限内3个月期的LIBOR利率低于8%的天数，n_2为一年中的整体天数，在季度末，固定息的数量为

$$10\ 000\ 000 \times 0.06 \times \frac{n_1}{n_2}$$

例如，$n_1=25$，$n_2=365$，付款量为41 096美元。在一个常规利率互换中，付款量为$0.25 \times 0.06 \times 10\ 000\ 000$，即150 000美元。

同常规利率互换相比，当利率高于8%时，固定息方每天节省$0.06 \times 10\ 000\ 000/365=1\ 664$美元，固定息方头寸等价于一个常规利率互换与一系列两值期权的组合，这里的两值期权对应于互换交易有效期内的每一天。

22.3.10 可取消互换

可取消互换(cancelable swap)是一个简单的利率互换交易，但其中一方有权利决定在某一日期或更多日期上终止交易。终止一个利率互换交易与进入一个反方向利率互换等价。考虑一个微软与高盛之间的互换交易。如果微软有权取消互换，微软的头寸等价于一个常规利率互换与一个进入相反方向互换期权的长头寸组合。如果高盛有权取消互换，微软的头寸等价于一个常规利率互换与一个进入相反方向互换期权的短头寸组合。

如果可取消日期只有一个，这时可取消互换等价于一个常规利率互换与一个欧式期权的组合。例如在一个10年的利率互换中，微软付出LIBOR，同时收入6%固定利率。假定微软有权在第6年末取消利率互换，对于微软而言，这一可取消互换等价于一个收入6%固定利率，付出LIBOR的常规利率互换，加上一个6年期限、进入4年期付出6%固定利率，收入LIBOR的互换期权(此期权被称为6×4欧式期权)。我们可采用第21章里的标准互换期权模型来进行定价。

如果可取消互换可在一系列日期上被取消，此互换等价于一个常规利率互换与一个百慕大期权的组合。例如，微软与某对手进行了一个5年互换交易，微软每半年收入6%固定利率，同时付出LIBOR。假定微软的交易对手在2~5年的每一个付款日均有权终止互换。对微软而言，此交易等价于一个常规利率互换与一个百慕大期权的短头寸的组合，这一百慕大期权的持有者有权进入在第5年终止的，收入固定利率为6%，同时付出LIBOR的利率互换，期权行使日期为2~5年的每一个付款日。

复合互换有时具备可取消的特性。一般来讲，交易确认书会阐明当互换被取消时，浮动利率方的利率复合截止时间为互换的取消日。同时，固定利率方的利率复合截止时间也为互换的取消日。

22.3.11 指数递减比率互换

在20世纪90年代中期，一种在美国较为流行的互换为**指数递减比率互换**(index amortizing swap，有时也称为指数本金互换，indexed principal swap)。在此互换中，本金减少的数量与利率水平有关。利率越低，本金的减少程度也越大。至少在近似意义上，最初的指数递减比率互换的固定息方等价于住房贷款支持债券的投资收益。对投资者而言，指数递减比率互换可将投资者的

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

住房贷款支持债券的投资收益转化为浮动利息收益。

22.3.12 商品互换

现在**商品互换**(commodity swap)交易变得越来越流行。一家每年消耗 100 000 桶石油的公司可以进入一个商品互换，在此互换中，这家公司在今后 10 年每年付 500 万美元，同时收入100 000S,其中 S 为每桶原油的市场价格。一家石油生产商可能会进入相反的交易，这样石油生产商可以锁定每桶石油 50 美元的价格。

22.3.13 其他互换

互换的设计多种多样。在第 23 章，我们将要讨论**信用违约互换**(credit default swaps)。在近年来，互换市场引进了**波动率互换**(volatility swap)。这一互换合约的收益取决于股票(或其他资产)的波动率。假定本金为 L ，在每个付款日，互换的某一方的付款为 $L\sigma$ ，其中 σ 为采用通常的方式在前一个计利区间所得出的每天价格历史波动率；互换的另一方的付款为 $L\sigma_K$，其中 σ_K为事先约定的常数。方差互换、相关系数互换、协方差互换可采用类似的方法来定义。

某些互换的收益较为怪异。宝洁与信孚银行在 1993 年的交易就是这类交易的实例(见业界实例 22-4)。这一交易在后来成为一个诉讼的焦点,[⊖]其细节在许多公开渠道可以获得。

业界实例 22-4　宝洁公司的怪异交易

宝洁公司在 1993 年 11 月 2 日同信孚银行(BT)做了一笔被称做“5/30”的离奇互换交易，这一交易期限为 5 年，每半年会有资金交付，交易的面值为 2 亿美元，BT 在交易中付年息为 5.3% 的固定利率，而宝洁付给 BT 的利率为 30 天的 CP (商业票据)的平均利率减去 75 个基点再加上某个利差，这里的商业票据平均利率是在利率观测区间的 30 天内商业界票据利率的平均值。

在第一个付款日(1994 年 5 月 2 日)，利差为零。在接下来的几个付款日，利差为

$$\max\left[0, \frac{98.5\left(\dfrac{5\text{ 年期的 CMT 利率\%}}{5.78\%}\right)-(30\text{ 年期的 TSY 价格})}{100}\right]$$

式中，CMT 为固定期限国债利率(此利率是由美国联邦储备委员会报告的 5 年国债利率)，30 年期 TSY 价格是在 2023 年满期的，券息为 6.25% 的国债买入价与卖出价的平均值。注意，以上计算公式的计量为百分比，而不是以基点为计量。如以上公式所求得的利差为 0.1，而 CP 平均利率为 0.06，由此可以算出给 BT 利息为 0.1 + 0.06 − 0.007 5 = 15.25%。宝洁做此交易时，希望利差大约为负，因此宝洁可将 5.3% 的固定利率转化为此商业票据减去 75 个基点的浮动利率。而事实上，1994 年的利率飞涨，债券价格下跌。这笔交易令宝洁付出了惨重的代价。

小　结

特种期权是决定收益的规则比标准期权更为复杂的一类期权。此类期权给公司的资金部及基

⊖ 请参考 D. J. Smith, “Aggressive Corporate Finance: A Close Look at the Procter and Gamble-Bankers Trust Leveraged Swap.”, *Journal of Derivatives* 4, No. 4(Summer 1997): 67-79。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

金经理提供了取得既定目标的不同工具。一些特种期权无非是简单欧式或美式看涨及看跌期权的组合，而另一些特种期权就更为复杂。

当金融机构决定将其部分住房贷款卖给投资者时，住房贷款支持证券应运而生。首先金融机构将住房贷款进行组合，投资者买入单位投资来取得住房贷款组合的一部分。住房贷款由政府担保，投资者没有违约风险，但投资者要承担提前偿还风险。投资组合的收益常常被分成具备不同性态的组成部分以满足不同投资者的需求。

互换是一种变化很丰富的金融产品，市场上存在许多简单利率互换的变形。例如，本金逐步增加互换、本金分期减少互换、复合互换、LIBOR 置后互换、交叉货币度量互换及固定期限互换涉及利息计算方式或付款时间的变化。其他互换涉及内含期权，此类产品包括累计互换及可取消互换等。

推荐阅读

Boyle, P.P., and S.H. Lau. "Bumping Up against the Barrier with the Binomial Method," *Journal of Derivatives*, 1, 4 (Summer 1994): 6–14.

Broadie, M., P. Glasserman, and S.G. Kou. "A Continuity Correction for Discrete Barrier Options," *Mathematical Finance*, 7, 4 (October 1997): 325–49.

Broadie, M., P. Glasserman, and S.G. Kou. "Connecting Discrete and Continuous Path-Dependent Options," *Finance and Stochastics*, 2 (1998): 1–28.

Chance, D., and D. Rich. "The Pricing of Equity Swap and Swaptions," *Journal of Derivatives*, 5, 4 (Summer 1998): 19–31.

Clewlow, L., and C. Strickland. *Exotic Options: The State of the Art*. London: Thomson Business Press, 1997.

Conze, A., and S. Viswanathan. "Path Dependent Options: The Case of Lookback Options," *Journal of Finance*, 46 (1991): 1893–1907.

Demeterfi, K., E. Derman, M. Kamal, and J. Zou. "A Guide to Volatility and Variance Swaps," *Journal of Derivatives*, 6, 4 (Summer 1999): 9–32.

Forster, D.M. "The State of the Law after Procter & Gamble vs Bankers Trust," *Derivatives Quarterly*, 3, 2 (1996): 8–17.

Geske, R. "The Valuation of Compound Options," *Journal of Financial Economics*, 7 (1979): 63–81.

Goldman B., H. Sosin, and M.A. Gatto. "Path Dependent Options: Buy at the Low, Sell at the High," *Journal of Finance*, 34 (December 1979): 1111–27.

Hull, J.C. *Options, Futures, and Other Derivatives*, 7th edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2009.

Hull, J.C., and A. White. "Efficient Procedures for Valuing European and American Path-Dependent Options," *Journal of Derivatives*, (Fall 1993): 21–31.

Laatch, F.E. "Tax Clienteles, Arbitrage, and the Pricing of Total Return Swaps," *Journal of Derivatives*, 8, 2 (Winter 2000): 37–46.

Margrabe, W. "The Value of an Option to Exchange One Asset for Another," *Journal of Finance*, 33 (March 1978): 177–86..

Rubinstein, M. "Pay Now, Choose Later," *Risk* (February 1991), 44–47.

Rubinstein, M. "Options for the Undecided," *Risk* (April 1991), 70–73.

Rubinstein, M. "Two in One," *Risk* (May 1991), 49.

Rubinstein, M. "One for Another," *Risk* (July/August 1991), 30–32.

Rubinstein, M. "Somewhere Over the Rainbow." *Risk* (November 1991), 63–66.

Rubinstein, M. "Double Trouble," *Risk* (December 1991 / January 1992), 53–56.

Rubinstein, M., and E. Reiner. "Breaking Down the Barriers," *Risk*, (September 1991), 28–35.

Rubinstein, M., and E. Reiner. "Unscrambling the Binary Code," *Risk* (October 1991), 75–83.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Smith D. J. "Aggressive Corporate Finance: A Close Look at the Procter and Gamble–Bankers Trust Leveraged Swap," *Journal of Derivatives*, 4, 4 (Summer 1997): 67–79.

Stulz, R. "Options on the Minimum or Maximum of Two Assets," *Journal of Financial Economics*, 10 (1982): 161–85.

Turnbull, S.M., and L.M. Wakeman. "A Quick Algorithm for Pricing European Average Options," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 26 (September 1991): 377–89.

测验题

22.1 解释远期开始期权与选择人期权的区别。

22.2 如果股票价格在3个月时高于50美元，某现金或空手期权的承约方需支付100美元，当前股票价格为50美元，无风险利率为4%，股票波动率为20%，此现金或空手期权的价格为多少？

22.3 列举8种障碍式期权。

22.4 解释股权互换的运作方式。

22.5 解释为什么IO及PO对于提前偿付率有相反的敏感度。

22.6 解释可取消互换与利率互换期权的关系。

22.7 对应于所有期限，加元(CAD)的LIBOR始终比美元LIBOR高2%，某交易员认为3个月期的美元LIBOR及3个月期的加元LIBOR的溢差将增大，但对于加元/美元汇率走向并不确定。解释此交易员如何应用交叉货币度量互换。此时，为什么交易员喜欢采用交叉货币度量互换，而不喜欢采用浮动-浮动货币互换？

练习题

22.8 描述具有同样期限的一个回望看涨期权和一个回望看跌期权组合的收益图。

22.9 考虑某个选择人期权，期权持有者有权在两年内任何时刻在欧式看涨期权和欧式看跌期权之间进行选择，无论做出何种选择，看涨期权和看跌期权的到期日和行使价格均相同。在两年到期之前做出行使选择会是最佳吗？

22.10 假设c_1和p_1分别为行使价格为K，期限为T的欧式平均看涨期权和欧式平均看跌期权的价格，c_2和p_2分别为期限为T的欧式平均行使价格看涨期权和欧式平均行使价格看跌期权的价格，c_3和p_3分别为行使价格为K，期限为T的常规欧式看涨期权和常规欧式看跌期权的价格。证明：

$$c_1+c_2-c_3=p_1+p_2-p_3$$

22.11 本书给出了选择人期权分解为一个期限为T_2的看涨期权和一个期限为T_1的看跌期权的推导过程。请给出另外一个过程来将选择人期权分解为一个期限为T_1的看涨期权和一个期限为T_2的看跌期权。

22.12 请解释当障碍水平大于行使价格时，敲出-看跌期权的价格为0。

22.13 请证明当股票不提供任何股息，一个在3年末开始，5年末到期的远期开始的平值期权的价格等于一个今天开始，期限为两年的平值期权的价格。

22.14 假定某美式期权的行使价格增长率为g，标的资产为某不提供任何股息的股票，请证明如果g小于无风险利率r，提早行使此美式期权一定不为最优。

22.15 请回答以下有关复合期权的问题：

a. 欧式看涨-看涨期权与欧式看跌-看涨期权之间的平值关系式是什么？

b. 欧式看涨-看跌期权与欧式看跌-看跌期权之间的平值关系式是什么？

22.16 当我们增加观测标的资产最小值的频率时，一个回望期权的价格是有所增加还是有所减小？

22.17 当我们增加观测标的资产是否达到障碍水平的频率时，一个下跌敲出看涨期权的价格是有所增加还是有所减小？一个下跌敲

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

入看涨期权的价格会如何变化？

22.18 请解释为什么一个常规欧式看涨期权等于一个下跌－敲出看涨期权与一个下跌－敲入看涨期权的组合。

22.19 当6个月的S&P 500股指高于1 000时，某衍生产品提供收益100美元，否则提供收益为0。这里股指当前价格为960，无风险利率为每年8%，股指收益率为每年3%，股指波动率为每年20%，这一衍生产品价格为多少？

22.20 请计算由业界实例22-4所示"5/30"互换合约中宝洁公司在以下情形下要付的利率：(a)商业票据(CP)利率为6.5%，国债利率为水平6%；(b)CP利率为7.5%，国债利率为水平7%。这里的国债利率一年复利2次。

作业题

22.21 利用DerivaGem计算以下期权的价格：
a. 一个常规欧式期权，标的资产为当前价格为50美元的不提供股息的股票，无风险利率为每年5%，波动率为每年30%，行使价格为50美元，期限为1年。
b. 一个参数由(a)给出的欧式下跌－敲出看涨期权，障碍水平为45美元。
c. 一个参数由(a)给出的欧式下跌－敲入看涨期权，障碍水平为45美元。

证明(a)的欧式期权等于(b)期权与(c)期权的和。

22.22 当美元/英镑汇率在一年时高于1.5时，衍生品提供的收益为10 000英镑，否则提供收益为0。当前美元/英镑汇率为1.48，美元和英镑的无风险利率分别为每年4%及每年8%，美元/英镑汇率波动率为每年12%，这一衍生品价格为多少美元？

22.23 考虑以下上涨－敲出看涨期权：标的资产为不提供股息、当前价格为50美元的股票，期权行使价格为50美元，波动率为30%，无风险利率为5%，期限为1年，障碍水平为80美元。采用DerivaGem来对这一期权定价并画出以下图形：(a)期权价格与标的资产价格的关系；(b)期权价格与期限的关系；(c)期权价格与波动率的关系。对以上结果提供直观解释。说明上涨－敲出看涨期权的Delta、Theta、Vega可正可负。

22.24 假定LIBOR零息曲线为水平5%，按年复利。在一个5年互换中，X公司付6%固定利率，同时收入LIBOR，互换本金为1亿美元。两年互换利率的波动率为20%。
a. 此互换的价值为多少？
b. 假定X公司在第3年后有权终止这一互换，采用DerivaGem来对这一互换定价。
c. 假定交易对手在第3年后有权终止这一互换，采用DerivaGem来对这一互换定价。
d. 假定双方均有权终止这一互换，这一互换的价格为多少？

22.25 超级表现证书(outperformance certificate)[有时也被称为短跑证书(sprint certificate)、加速证书(accelerator certificate)或短跑者(speeder)]是由欧洲银行向投资者发行的投资某公司股票的投资方式。最初的投资等于股票价格S_0。从0时刻到T时刻，如果股票价格有所增加，投资者在T时刻收益为k乘以股票的增值，其中k为大于1的常数。但在T时刻股票的增值被限定在一个极限M。如果股票价格下跌，投资者的损失等于股票的跌值。在此证书中，投资者不会收到股息。
a. 说明超级表现证书为一个组合期权。
b. 股票价格等于50欧元，$k=1.5$，$M=70$欧元，无风险利率为5%，股票价格波动率为25%，在第2个月、第5个月、第8个月、第11个月股票股息预计为0.5欧元。采用DerivaDem计算一年期的超级表现证书的价格。

22.26 常规看涨期权、两值看涨期权、缺口看涨期权之间是什么样的关系？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

23 CHAPTER

第 23 章

信用衍生产品

在第 8 章，我们讨论了 ABS 和 ABS CDO 及其在 2007 年的金融危机中所扮演的角色。在本章，我们将介绍其他信用衍生产品，并解释一些定价的问题。

信用衍生品可分为“单名”和“多名”两类。单名信用衍生品的收益取决于一个公司或一个国家发生的事件。通常来讲，一个信用保护的购买者在其指定的实体(公司或国家)破产时将会获得一定的收益。在多名信用衍生品中，会涉及一个由多个债券产品所产生的组合，衍生产品收益取决于该组合的信用损失。多名信用衍生品已经越来越流行，2004 年 12 月占信用衍生品市场的 20%，到 2008 年 12 月，占市场的份额上升到 38.5%。

信用衍生产品使得公司能够像对市场风险那样对信用风险进行交易。从前银行或其他金融机构对自身的信用组合只能被动等待(并希望自己持有的信用暴露不会变得太坏)，而对自己面临的信用风险无能为力。而现在金融机构可以主动地管理自己的信用风险，它们可以采用信用衍生产品来回避和化解自己所面临的信用风险。自 20 世纪 90 年代末开始，银行已经成为最大的信用保护买入方，而保险公司已经成为最大的信用保护卖出方(见业界实例 23-1)。

业界实例 23-1　谁承担了信用风险

传统上银行在业务运作中进行放贷，因此银行承担了借款人的违约风险。但后来情况产生了变化，银行开始不太愿意将贷款存放在资产负债表上，这是因为将资本金考虑在内，贷款所带来的预期收益要逊色于其他形式的资产投资收益。在 20 世纪 90 年代，银行开发了资产支持型债券(asset-backed securities，类似于 8.1 节所讨论的住房抵押证券)来将这些贷款的风险(以及信用风险)转嫁给投资者。而在 90 年代末及 21 世纪初，银行开始大量利用衍生产品来将自身贷款组合的信用风险转移给金融系统的其他参与者。

如果整体来讲银行是信用保护的买入方，

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

那么谁又是信用保护的卖出方呢？这一问题的答案是保险公司。监管结构对保险公司的监管与对银行的监管有所不同，这就使得有时保险公司会比银行更加愿意承担信用风险。

以上所讨论的种种原因造成了最后承担贷款信用风险的金融机构和最初对信用做出判断的机构的不同。这一现象是否对金融系统的整体健康有好处仍是一个未知数。

23.1 信用违约互换

市场上最流行的信用衍生产品为**信用违约互换**(credit default swap，CDS)。如业界实例 23-2 所述，自 20 世纪 90 年代末，CDS 市场发展而且已成为金融机构监管者的最大顾虑。CDS 合约给信用违约互换的买入方提供了对某家公司的信用保险，这里所涉及的某家公司被称为**参考实体**(reference entity)，而该公司的违约被定义为**信用事件**(credit event)。信用违约互换(保险)的买入方在信用事件发生时有权利将违约公司债券以债券面值的价格卖给信用违约互换的卖出方，[⊖]而这一债券的面值也被称为信用违约互换的面值(notional principal)。

信用违约互换的买入方必须向卖出方定期付款。付款的期限为信用违约互换的到期日或信用事件发生的日期，这里定期付款时间通常在每一季度末、每半年末或者每年末。在违约事件发生时，合约的交割方式为债券实物或现金支付。

以下实例可以帮助我们理解信用违约互换的结构。假设某两家公司在 2010 年 3 月 1 日进入了一个信用违约互换，信用违约互换的面值为 1 亿美元，信用违约互换的买入方付费为每年 90 个基点，买入方因此得到了对某参考实体的信用保护。

图 23-1 说明了这个信用违约互换。如果参考实体没有违约(也就是没有信用事件发生)，信用违约互换的买入方将不会得到任何收益，而信用违约互换的买入方在 2011 年、2012 年、2013 年、2014 年和 2015 年的 3 月 1 日必须向信用违约互换卖出方支付 900 000 美元。当有信用事件发生时，卖出方须向买入方支付一笔可观的赔偿。假设在 2013 年 6 月 1 日(即第 4 年的第 3 个月)信用违约互换的买入方通知卖出方信用事件已经发生，如果合约约定的交割方式为实物交割，信用违约互换买入方可以要求卖出方以 1 亿的价格买入面值为 1 亿的由参考实体所发行的债券。如果合约约定的交割方式为现金交割，这时一个独立于买入方和卖出方的第三家公司会在违约发生后某一指定时间在市场上取得不同于交易商对违约债券的报价。这样做的原因是为了找出**最便宜可交割债券**(cheapest deliverable bond)的市场中间价。假定这一违约债券每 100 美元面值的市场价值为 35 美元，这时信用违约互换卖出方必须向买入方支付 6 500 万美元。

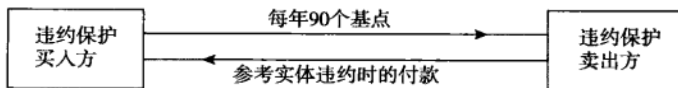


图 23-1 信用违约互换

信用事件一旦发生，信用保护的买入方向卖出方所支付的每 3 个月、半年或一年的定期付款将会马上终止。但是，因为付款的准确时间为每个时间区间段末，因此最后买入方必须向卖出方支付最后的应计付款(accrual payment)。在我们的例子中，买入方必须向卖出方支付由 2013 年 3 月 1 日到 2013 年 6 月 1 日的应计付款(大约为 225 000 美元)。在这一付款之后，买入方不需要再支付任何其他费用。

为了买入信用保护，买入方所付出占本金的百分比被称为信用违约互换溢价(CDS spread)。

⊖ 债券的面值是指债券发行人在不违约情形下应偿还的本金数量。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

市场上有若干家大银行是信用违约互换的做市商。对于福特汽车公司信用(Ford Motor Credit)5 年的信用违约互换溢价，有的做市商给出的买入价为 250 个基点，卖出价为 260 个基点，这意味着做市商准备以每年的 250 个基点(每年付本金的 2.5%)买入福特的信用保护，同时也准备以每年收入 260 个基点(每年收入本金的 2.6%)来卖出福特的信用保护。

许多公司和国家已经成为 CDS 合约的参考实体。在最为流行的合约中，付款频率为每 3 个月付款一次，付款时间为每个时间段的末尾。5 年期的 CDS 在市场上最为流行，但像 1 年、2 年、3 年、7 年和 10 年期的其他期限的 CDS 也很常见，一般合约的到期日为以下标准时间：3 月 20 日、6 月 20 日、9 月 20 日和 12 月 20 日。以上约定的结果是合约最初签署时的真正期限与整年数可能较为接近，但并不一定为整年数。假定你在 2012 年 11 月 15 日通知交易商买入一个 5 年期关于某公司的信用保护，最终签署的合约可能在 2017 年 12 月 20 日到期，你的第一次付款日为 2012 年 12 月 20 日，付款数量是为了覆盖 2012 年 11 月 15 日至 2012 年 12 月 20 日这一时段[⊖]。CDS 合约的关键是对违约的定义。关于欧洲参考实体的 CDS 合约通常将债务重组定义为信用事件，关于北美洲参考实体的 CDS 合约却不是这样。

| 业界实例 23-2 |　　信用违约互换市场

在 1998 年到 1999 年期间，国际互换衍生品协会(ISDA)为场外市场开发了用于交易的信用违约互换的标准合约。自那以后，市场迅猛发展，下表是国际清算银行列出的不同时期的总面额：

2004 年 12 月	51 亿美元
2005 年 12 月	104 亿美元
2006 年 12 月	179 亿美元
2007 年 12 月	325 亿美元

在 2007 年 8 月开始的信用危机中，监管机构对系统风险非常担忧(见业界实例 2-3)，他们认为信用违约互换是使得金融市场变得更为脆弱的来源，危险之处在于一家金融机构的破产可能导致其对手方在 CDS 交易中的收益无法兑现，从而遭受重大损失，因此对手方也可能破产。监管机构的担忧充分体现在保险业巨头 AIG 的问题中，AIG 出售了大量由房屋贷款派生出来的 AAA 级份额的保险(见第 8 章)，这些保险使 AIG 损失惨重，最后美国政府不得不出面救助。

监管机构的担忧促使了金融机构之间 CDS 交易的中心化清算(clearing house)模式。清算中心要求金融机构对其 CDS 的交易追加保证金，这与期货合约的保证金机制类似(见第 2 章)。

在 2007 年到 2008 年，许多信用衍生产品的交易戛然而止，但是 CDS 的交易仍然活跃(尽管保护费用大幅上升)。CDS 有一个优势，即相对于其他信用衍生产品而言，CDS 的运作机制直截了当，其他衍生品则缺乏透明度，比如由房屋贷款证券化派生出的衍生品就不具有 CDS 产品的明了性。

当雷曼兄弟在 2008 年 9 月申请破产时，市场上有大量的以雷曼为参照的 CDS，雷曼证券的回收率只有 8%(即 1 美元收回 8 分)，也就是说保护的买方收益为面值的 92%。市场曾预言一些卖方会因无法支付保费而引发更多的破产，但是在结算日(2008 年 10 月 2 日)，市场运作仍很顺利。

23.1.1 回收率

当一家公司破产时，公司的债权人会对公司资产进行追索。有时公司会进行重组，这时债权

⊖ 如果第一个标准时间在 1 个月之内，通常第一次付款会安排在第二个标准时间；否则，第一次付款会安排在第一个标准时间。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

人通常同意接受债务的部分偿还。而在其他情形下，公司部分资产会被债权清算人变卖，而所得资金将用于偿还各类债务。在债务追索过程中，有些债权具有优先权，必须优先偿还。

债券回收率是指债券在刚刚违约时，其市场价值与债券面值的比率。债券回收率等于1减去违约损失率(loss given default，)。表23-1给出了美国几种不同种类债券回收率的历史平均值。这一数表说明优先支付，优先有抵押债券的平均回收率为51.9%，即1美元投资可回收51.9美分；次优先级债券的平均回收率为23.9%，即每1美元投资仅回收23.9美分。

表23-1　1982～2007年的企业债券的回收率

债券分类	平均回收率(%)
优先有担保（Senior secured）	51.9
优先无担保（Senior unsecured）	36.7
优先次级债券（Senior subordinated）	32.4
次级（Subordinated）	31.2
更次级（Junior subordinated）	23.9

资料来源：穆迪。

利用回收率的定义，我们可以将信用违约互换的收益表达成 $L(1-R)$，其中 L 为面值，R 为回收率。

23.1.2　信用违约互换与债券的收益率

信用违约互换可以用来对企业债券风险进行对冲。假定某投资者买入了一个5年期的企业债券，债券收益率为每年7%，同时投资者又进入一个5年期信用违约互换，在信用违约互换中投资者买入了对自己持有债券发行人违约的保护。假定信用违约互换溢价为每年2%，这里信用违约互换的作用是将企业债券转换为无风险债券(至少在近似意义上)。如果债券发行人不违约，投资者收益率为每年5%(企业债券收益率减去信用违约互换溢价)，投资者在违约发生前的收益率为5%。如果债券发行人违约，信用违约互换合约可以保证投资者用债券换回债券的本金。投资者在收到本金后可以将资金以无风险利率进行投资。

n 年期信用违约互换溢价应该大约等于 n 年的企业债券的收益率与 n 年无风险债券收益率的差价。如果信用违约互换溢价远小于企业债券收益率与无风险债券收益率的差价，那么投资者通过买入企业债券和信用保护而得出的收益率(近似于无风险)会大于无风险利率；如果信用违约互换溢价远大于企业债券收益率与无风险债券收益率的差价，投资者通过卖空企业债券和信用保护而得到的借款利率会小于无风险利率。以上说明的套利只是接近完美。这些套利机会使得信用违约互换溢价不会远离企业债券收益率与无风险债券收益率的差价。在第4.1节我们曾经指出无风险利率近似等于利率而不是国债收益率，这一结论在此仍然正确。[⊖]

23.1.3　最便宜可交割债券

通常在信用违约互换合约中会阐明违约时有哪几种不同的债券可以用于交割。尽管可交割债券的优先级别往往相同，但在违约发生后，不同债券与本金的比率可能会有所不同。[⊜]这样一来，信用

⊖ 关于对信用市场交易员所采用的无风险利率的讨论，请参考 J. Hull，M. Predescu and A. White，"The Relationship between Crdeit Default Swap Spreads，Bond Yields，and Credit Rating Announcements，"*Journal of Banking and Finance*，28(November 2004)，2789-2811。

⊜ 有几个原因会造成这种现象，违约时对于债券的追索往往包括面值和应计利息，应计利息高的债券在违约时的价格往往会比较高。市场也许断定重组事件发生之后，公司的决策会对某些债券持有人更为有利。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

违约互换就给信用保护的买入方提供了某种最便宜可交割债券期权。当违约发生后，信用保护的买入方(或者现金交割的计算代理)将在所有可以用于交割的债券中找出最便宜的一种来进行交割。

23.1.4 信用指数

信用衍生产品市场已经产生了几种信用指数(CDS indices)，这些指数用于跟踪信用违约互换的溢价。2004 年，市场上许多不同的发行人达成了一种协议对不同指数进行合并，现在市场上采用的指数包括：

1. CDX NA IG 指数，这些指数是用于跟踪北美 125 家投资级公司信用违约互换的溢价。
2. iTraxx 欧洲指数，这些指数是用于跟踪欧洲 125 家投资级公司信用违约互换的溢价。

这些交易组合在每年的 3 月 20 日和 9 月 20 日更新，不再具备投资等级的公司会被剔除，同时在指数中会加入新的投资级公司[⊖]。

假如某做市商对 CDX NAI G 5 年指数报出的买入价为 165 个基点，卖出价为 166 个基点。粗略而言，这表示一个投资人可以按每家公司 166 个基点的价格买入 125 家公司的信用违约互换。假设某投资人想对每个公司都取得面值为 800 000 美元的保护，交易的总费用为 $0.0166 \times 800\ 000 \times 125$，即每年1 660 000美元。类似地，投资人也可以卖出 125 家公司单个面值为 800 000 美元的信用保护，并以此换取每年 1 650 000 美元的收入。当某个公司违约时，信用保护的买入方会得到信用违约互换的收益，而且付款费用每年减少 1 660 000/125 = 13 280 美元。期限为 3 年、5 年、7 年和 10 年的 CDS 指数保护的交易都十分活跃，这些合约的到期日通常为 12 月 20 日和 6 月 20 日(这意味着，5 年合约的实际期限通常为 $4\frac{3}{4}$ 或 $5\frac{1}{4}$ 年)。粗略而言，指数值等于所包含公司 CDS 溢价的平均值[⊜]。

23.1.5 固定券息

合约的具体运作方式比以上的描述更复杂一些，一个信用指数的交易类似于债券。对于每个指数以及每个期限，我们均要指定一个“券息”，如果溢差的报价高于券息，信用保护的买家向卖家支付超出部分的贴现值；如果溢差的报价低于券息，信用保护的卖家向买家支付超出部分的贴现值。在支付日，信用保护的买入方向卖出方进行支付，支付额等于券息率乘以对卖出方没有破产公司的面额余额，这样的安排方便了交易和清算中心的发展(见业界实例 23-2)。

23.2 确定信用违约互换溢价

信用违约互换中间市场溢价(即交易商报出的买入与卖出溢价的平均值)可以用违约概率来估算。接下来用一个简单的例子来说明这一点。

假定在没有前期违约的条件下，参考实体每年的违约概率为 2%，[⊜]表 23-2 显示了参考实体在

⊖ 在 2009 年 9 月 20 日，市场新定义了 iTraxx 欧洲 12 系列(the Series 12 iTraxx Europe)组合以及 CDX NA IG 13 系列(the Series 13 CDX NA IG)组合。这些系列号码说明截止于 2009 年 9 月份，iTraxx 欧洲系列组合已被更新了 11 次，CDX NA IG 系列组合已被更新了 12 次。

⊜ 更精确地讲，指数的大小比指数交易组合内所包含公司的信用违约互换溢价平均值要稍低一些。为了解释这一点，我们考虑两家公司，假定一家公司 CDS 溢价为 1 000 个基点，另一家公司 CDS 的溢价为 10 个基点，买入这两家公司的信用保护所对应的平均溢价应该稍稍低于 505 个基点，这是因为大家会意识到 1 000 个基点的付费期限不会像 10 个基点的付费期限那么长，因此对 1 000 个基点溢价应设定较小的权重。另外一个关于 CDXNAIG(对 iTraxx 却没有)的复杂之处是指数中的违约包括公司重组(restructuring)，而 CDS 合约的违约定义却不包括这一点。

⊜ 在第 11.2 节我们曾说明，条件违约概率也被称为违约敏感度或风险率。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

将来5年的生存概率以及无条件违约概率(即在0时刻看到的违约概率)。第1年违约概率为0.02，参考实体在第1年底生存的概率为0.98；第1年与第2年之间的违约概率为0.02×0.98=0.0196，参考实体第2年底生存的概率为0.98×0.98=0.9604；参考实体在第2年与第3年之间的违约概率为0.02×0.9604=0.0192，依此类推。

表 23-2 无条件违约概率与生存概率

时间(年)	违约概率	生存概率
1	0.0200	0.9800
2	0.0196	0.9604
3	0.0192	0.9412
4	0.0188	0.9224
5	0.0184	0.9039

接下来假定违约发生的时间在年中，并且假定在信用违约互换中信用保护的付款时间是在每年的年终，无风险(假定为LIBOR)利率为每年5%(连续复利)，回收率为40%。我们将计算过程分为三部分，这三个部分的计算结果分别显示在表23-3、表23-4与表23-5中。

表 23-3 预期付款的贴现值

时间(年)	生存概率	预期付款	贴现因子	预期付款的贴现值
1	0.9800	0.9800s	0.9512	0.9322s
2	0.9604	0.9604s	0.9048	0.8690s
3	0.9412	0.9412s	0.8607	0.8101s
4	0.9224	0.9224s	0.8187	0.7552s
5	0.9039	0.9039s	0.7788	0.7040s
总计				4.0704s

表 23-4 预期收益的贴现值

时间(年)	违约概率	回收率	预期收益(美元)	贴现因子	预期收益的贴现值(美元)
0.5	0.0200	0.4	0.0120	0.9753	0.0117
1.5	0.0196	0.4	0.0118	0.9277	0.0109
2.5	0.0192	0.4	0.0115	0.8825	0.0102
3.5	0.0188	0.4	0.0113	0.8395	0.0095
4.5	0.0184	0.4	0.0111	0.7985	0.0088
总计					0.0511

表 23-5 应计付款的贴现值

时间(年)	违约概率	预期应计付款	贴现因子	预期应计付款的贴现值
0.5	0.0200	0.0100s	0.9753	0.0097s
1.5	0.0196	0.0098s	0.9277	0.0091s
2.5	0.0192	0.0096s	0.8825	0.0085s
3.5	0.0188	0.0094s	0.8395	0.0079s
4.5	0.0184	0.0092s	0.7985	0.0074s
总计				0.0426s

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

表 23-3 显示了信用违约互换溢价费用的贴现值。在这里我们假定信用违约互换溢价每年为 s，本金为 1 美元。例如，第 3 个付款发生的概率为 0.9412，相应付款量为 s，因此付款费用的期望值为 $0.9412s$，其贴现值为 $0.9412se^{-0.05\times3}=0.8101s$。所有将来信用保护付款的期望值为 $4.0704s$。

表 23-4 显示了对应于本金为 1 美元的预期收益贴现值。我们在前面已假设违约事件总是在年正中发生。例如，收益发生在第 3 年年正中的概率为 0.0192，因为回收率为 40%，所以对应于第 3 年年正中的预期收益为 $0.0192\times0.6\times1=0.0115$ 美元。此预期收益的贴现值为 $0.0115e^{-0.05\times2.5}=0.0102$ 美元，总体预期收益贴现值为 0.0511 美元。

表 23-5 显示了计算的最后一步。在这一步中我们需要计算违约时应计付款(accrual payment)。例如违约发生在第 3 年年中的概率为 0.0192，而此时对应的累积应计付款期限为半年，所以应计付款的数量为 $0.5s$，从而对应于这一时间段的预期应计付款为 $0.0192\times0.5s=0.0096s$，其贴现值为 $0.0096se^{-0.05\times2.5}=0.0085s$。所有预期应计付款贴现的总值为 $0.0426s$。

由表 23-3 及表 23-5 我们可以得出预期付款的贴现值为

$$4.0704s+0.0426s=4.1130s$$

由表 23-4 我们可以得出预期收益的贴现值为 0.0511 美元。令

$$4.1130s=0.0511$$

得出 $s=0.0124$，因此信用违约互换溢价的中间价为 0.012 4(占本金比率)，即每年 124 个基点。这个结果可以由 DerivaGem CDS 表产生，其中违约率为 2.02%(连续复利)，回收率为 40%，利率为 5%。这里的计算假设违约发生在支付日中间，这种简单的假设可以被剔除，但已经足以给出不错的结果。

23.2.1 信用违约互换的定价

在最初达成协议时，信用违约互换也同其他互换合约类似，价格接近于 0。但随着时间推移，信用违约互换的价值可能变为正值也可能变为负值。假设在我们的例子中信用违约互换在最初商定时溢价为 150 个基点，信用保护买入方付款价值的贴现值为 $4.1130\times0.0150=0.0617$，违约预期收益的贴现值为 0.0511。对于信用卖出方来讲，这一信用违约互换的价值为 $0.0617-0.0511$，即面值的 0.0106 倍，而对于信用保护的买入方而言，这一信用违约互换价值为 -0.0106，即面值的 -0.0106 倍。

23.2.2 违约概率

在信用违约互换的定价过程中会涉及违约概率等重要参数。在实践中，这些参数往往是从交易比较频繁的信用违约互换报价中以隐含的方式求得，然后用来对交易不太频繁的信用违约互换定价。这些参数有时也可以从债券价格里以隐含的方式求得。

假如我们改变表 23-3、表 23-4 和表 23-5 中的例子而假设并不知道违约概率，但已知市场上 5 年期信用违约互换的报价为每年 100 个基点，我们可以逆向算出隐含违约概率(在没有前期违约条件下)为每年 1.6%。[⊖]

不管是采用信用违约互换溢价还是债券价格来估计违约概率，我们都要估算回收率。但是如果我们采用同样的回收率来估算风险中性违约概率，以及计算信用违约互换价格，我们得出的信用违约互换价格(或者信用违约互换溢价)对回收率的敏感性并不是很强。这是因为隐含违约概率同 $1/(1-R)$ 成比例，而信用违约互换的收益同 $1-R$ 成比例。因此预期收益几乎同 R 无关。

⊖ DerivaGem CDS 表中给出了连续复利违约率 1.65%，这等价于每年复利的 1.61% 违约率，如果市场上有多个 CDS 互换的溢差，DerivaGem 可以计算出对应台阶函数型(step function)的违约率，这些违约率可与市场信息相匹配。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

从信用违约互换报价中以隐含方式所求的违约率为**风险中性违约概率**(risk-neutral default probability)，在信用衍生产品定价中应采用这一违约概率。[⊖]尽管可以用评级公司所公布的历史数据来估计违约概率，但我们应认识到由历史数据所得到的概率为“真实世界”的违约概率。我们不应该用真实世界违约概率来对衍生产品定价。风险中性违约概率要远远高于真实世界违约概率。如果一个公司采用历史(真实世界)违约概率来对信用违约互换定价，那么很可能会发现卖出信用保护的交易非常诱人。

为什么不能采用真实世界的违约概率来对信用衍生产品定价呢？一个金融机构卖出信用保护后，会对某些系统风险(不能够分散的风险)产生风险暴露。经济状况的变异会使违约公司数量增加，也会使信用违约互换收益增加。因此公司对卖出信用保护所收取的费用应该基于比在现实世界里更高的违约概率，这样才能对所承担的系统风险有足够的补偿。

23.2.3 两点信用违约互换

两点信用违约互换(binary credit default swap)与一般的信用违约互换相似，其不同之处是前者的收益是固定数量。假如在我们表23-2至表23-5中的例子中相应收益为1美元而不是$1-R$，而互换溢价被记为s，表23-2、表23-3及表23-5均不变，表23-4由表23-6代替，那么新的两点信用违约互换的溢价满足

$$4.1130s=0.0852$$

由此得出$s=0.0207$，即207个基点。

表23-6 由两点信用违约互换来计算预期收益的贴现值

时间(年)	违约概率	预期收益(美元)	贴现因子	预期付款的贴现值(美元)
0.5	0.0200	0.0200	0.9753	0.0195
1.5	0.0196	0.0196	0.9277	0.0182
2.5	0.0192	0.0192	0.8825	0.0170
3.5	0.0188	0.0188	0.8395	0.0158
4.5	0.0184	0.0184	0.7985	0.0147
总计				0.0852

对于一般信用违约互换，我们曾指出只要用同样的回收率来估计违约概率和对信用违约互换进行定价，那么得到的结果对所采用的回收率并不很敏感。这个结论对两点信用违约互换并不成立。

23.2.4 篮筐式信用违约互换

在篮筐式信用违约互换中有许多参考实体。篮筐式信用违约互换(basket CDS)对任意一家参考实体的违约都将提供违约赔偿。第1信用违约互换(first-to-default CDS)对参考实体中的首起违约提供赔偿，第2信用违约互换(second-to-default CDS)对参考实体中的第2起违约提供赔偿。一般来讲，第n信用违约互换(nth-to-default CDS)对于参考实体中出现的第n起违约提供赔偿。以上违约赔偿的计算与一般信用违约互换违约时相同。在与合约有关的违约事件出现后，合约双方对赔偿事宜进行交割处理，处理完毕后，互换合约也自行解除，违约赔偿付出后双方不需要再有任何其他支付。

⊖ 这是因为我们采用风险中性违约概率来对信用违约互换定价，在风险中性世界来估计现金流并采用无风险利率进行贴现。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

两个公司违约的相关性可用于衡量它们同时违约的倾向性。第 n 起信用违约互换的定价要远比一般信用违约互换的定价更为复杂，这是因为互换的价格与所包括公司的违约相关性有关。例如，违约相关性越高，第 1 信用违约互换的溢差越低。

23.2.5 信用违约互换市场的前景

自 20 世纪 90 年代末至 21 世纪初，信用违约互换市场发展迅猛。信用违约互换已经成为信用衍生品交易的大头，同时成为了管理风险的一个重要工具。但是如前所述，它也已经引起了监管机构的重视。将来标准化的 CDS(或许所有标准的场外产品)都会通过一个清算中心来结算，见业界实例 23-2。中心结算或许是个好主意，但是并不能避免类似 AIG 的损失，原因在于 AIG 所卖出的都是非标准 CDS 保护，所以不受清算中心的制约。

一部分人认为信用违约互换市场还会继续增长，并且这一市场将会在 2010 年达到利率互换市场的规模。而其他人并不这样乐观。像业界实例 23-3 指出的那样，信用违约互换市场有一种潜在的市场信息不对称问题，而这一问题在其他衍生产品交易中却不存在。

我们接下来考虑其他信用衍生产品。

业界实例 23-3　信用违约互换市场是一种公平游戏吗

信用违约互换与本书中所讨论的其他场外交易衍生产品有一个很重要的不同。其他场外交易衍生产品通常与利率、汇率、股指价格、商品价格等变量有关。我们没有理由认为一个市场参与者对于这些变量会比其他市场参与者具有更好的信息。

一个公司信用违约互换的溢价与在将来某个时间段里该公司违约的概率有关。很有可能某些市场参与者会具有关于违约概率估计有关更多的信息。如果某家金融机构同这家公司业务来往频繁，向这家公司提供业务咨询或贷款，并且帮这家公司发行新的证券，那么它对这家公司信用的了解肯定要比其他与这家公司毫无来往的金融机构多。经济学家将这种情形叫做信息不对称(asymmetric information)问题。

这种信息不对称是否会约束信用违约互换市场的发展还有待观察。金融机构强调是否买入对某家公司的信用保护通常是基于交易风险管理人员的决定而非金融机构其他某个部门所提供的特殊信息。

23.3 总收益互换

总收益互换(total return swap)是一种合约，它将一个债券(或任何资产组合)的总收益与 LIBOR 加上一个差价进行互换。资产的总收益包括券息、利息以及在互换期限内资产的盈亏。

例如，某 5 年期总收益互换面值为 1 亿美元，收益条款规定互换的一方将某个企业债券的总收益同 LIBOR 加上 25 个基点进行互换。这一衍生产品如图 23-2 所示，在券息付出日期，总收益的付出方将价值 1 亿美元的债券所收入的券息付给总收益的收入方，同时总收益的收入方将面值为 1 亿美元而按利率为 LIBOR 加上 25 个基点所得出的利息付给总收益的付出方(利息付出方式同通常的利率互换一样，利率设定日期与券息日相同，但利息付出日要在下一个券息日)。互换合约最后一个支付应该反映债券价值的变化。例如，如果债券在互换期限内价值增长了 10%，在 5 年时付出方需要付出 1 000 万美元(1 亿美元的 10%)；如果债券价格降低了 15%，收入方在 5 年时需要向付出方支付 1 500 万美元。如果债券违约，总收益互换合约将会中止，但是债券总收益的收入方必须向付出方支付 1 亿美元与违约债券市场价格的差值。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

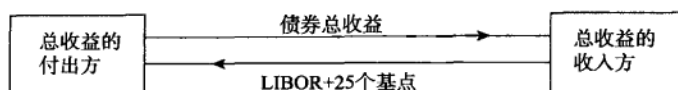


图 23-2 总收益互换

如果在合约到期日双方应付的现金中均加入本金，我们可以这样来理解总收益互换：总收益的付出方支付价值为1亿美元、券息为5%的企业债券所收入的现金流，而总收益的收入方支付面值为1亿美元、券息为LIBOR加上25个基点的债券现金流。如果总收益的付出方已经拥有这种债券，总收益互换可以使其将债券信用风险转让给收入方。如果总收益的付出方不拥有债券，那么总收益互换可以达到卖空这个债券的目的。

总收益互换常常被用做融资工具。以下列举实例是关于图23-2所示的总收益互换合约。总收益的收入方想通过融资来投资1亿美元于一个参考实体的债券。收入方会找一个付出方(可能是某个金融机构)并同意进行该总互换。然后付出方买入1亿美元的债券。这样做对于收入方来讲与以LIBOR加上25个基点的利息来借款买入债券是一样的。在总收益互换协议中，付出方在互换期限内仍然拥有债券的所有权，因此对付出方而言这样做比直接借钱给收入方去买入债券并以债券作为抵押品所面临的信用风险会小得多。如果收入方违约，付出方不会面临因抵押品的所有权而可能带来的法律纠纷。总收益互换与再回购类似，其构造过程是为了降低融资过程中的信用风险。

在总收益互换中，在LIBOR之上的差价是付出方对收入方所承担信用风险的一种补偿。当参考债券价格下跌时，收入方的违约会给付出方带来损失。因此这一差价既依赖于收入方的信用状态也依赖于债券发行人的信用状态，以及收入方和债券发行人之间的违约相关性。

以上所描述的标准交易可以有多种变形。有时在互换的终期因债券价格变化而产生的现金付款可以由资产的实际交割来代替。在这种情况下总收益付出方将在互换的终期以实际债券换回债券的本金。在一些其他情形下，反映债券价格变化的付款期被安排为以某种周期形式进行，而不是只在互换的到期日才有，这样的互换就与股权互换很类似(见第22.3节)。

23.4 信用违约互换远期合约和期权

信用违约互换远期合约是指一个在将来某时间 T 进入买入或卖出某参考实体的信用违约互换义务。如果在时间 T 之前参考实体违约，这种义务就自行消失。例如，某银行可以同意在一年后卖出5年期的某公司信用保护，在合约中信用买入方需付费280个基点，如果该公司在一年内违约，远期合约中银行的义务被自动解除。

信用违约互换期权是在将来某时刻 T 可以买入或卖出某参考实体信用保护的一种权利。例如，一个投资者在某交易商处买入某种权利，投资者在1年后可以买入一个5年期的某公司信用保护，买入这种保护投资者每年需付费280个基点。这一产品是个看涨期权。如果在1年后，该公司的5年信用违约互换溢价大于280个基点，期权将会得以行使，否则期权不会被行使。期权的费用要在期权成交时付清。类似地，一个投资者可以买入另外一种形式的权利，投资者在1年后可以卖出一个该公司的5年期信用保护，卖出这种保护时投资者收费280个基点。这是一种看跌期权。在1年后，如果该信用违约互换溢价小于280个基点，期权将会得以行使；否则期权不会被行使。期权的费用也同样必须在期权成交时付清。与信用违约互换远期合约类似，如果在期权到期之前参考实体违约，信用违约互换期权合约将自动解除。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

23.5 债务抵押债券

第 8 章讨论了资产抵押证券(ABS)，主要考虑以住房按揭为标的资产的 ABS，许多其他类型的 ABS 也存在。**债务抵押债券**(collateralized debt obligations，CDO)是由一个债券组合派生出具有不同风险特性的金融产品。图 23-3 是一个例子，在这个例子中，从债券组合中总共派生出了 4 种类型的债券或份额(tranche)，第 1 个份额的面值占整体债券组合的 5%，这一份额用于承受在 CDO 期限内交易组合里最先的 5% 损失，第 2 个份额的面值占整体债券组合的 10%，这一份额用于承受在 CDO 期限内交易组合里 5% ~15% 的损失，第 3 个份额的面值占整体债券组合的 10%，这一份额用于承受在 CDO 期限内债券组合 15% ~25% 的损失，第 4 个份额的面值占整体债券组合的 75%，这一份额用于承受债券组合里超出 25% 的所有损失。图 23-3 中所示利率是用于计算份额持有者的所得利息，它们所对应的本金面值等于份额原始面值减去违约触发后所应承担损失后的余额。我们现在考虑第 1 个份额。最开始时这里 35% 的利率是这一份额投资的全部收益率，但是当违约损失占全部债券本金的 1% 时，这一份额投资者的投资损失了 20%，因此其收益只适用于所余 80% 的投资。这里的第 1 个份额被称为“带毒垃圾”(toxic waste)！债券组合违约损失的 2.5% 对应于份额损失的 50%。第 4 个份额的信用级别通常被定为 AAA 级，因为只有在违约损失超过 25% 以后，第 4 份额的投资者才会承担信用损失。

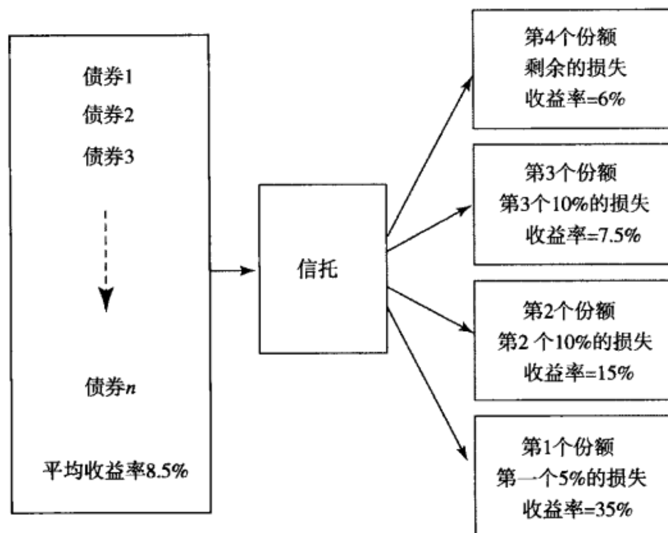


图 23-3 债务抵押债券

CDO 的发行人通常会持有第一个份额，并同时将其他份额在市场上变卖。CDO 是由具有中等信用水平(也可能具有更低信用水平)的债券组合来生成高信用水平债券的一种手段。买入第 2、3 和 4 份额的风险与债券组合内证券的违约相关性有关。违约相关性越低，第 2、3 和 4 份额的信用级别会越高。

23.5.1 合成 CDO

在前面我们曾指出，当 ABS 是由债券或其他定息产品生成时，相应的 ABS 被称为 CDO，更为精确一些，这类产品被称为是现金 CDO，因为基础资产是由在现金市场交易的产品构成的。在我们结束讨论 ABS 及 CDO 之前，接下来将讨论**合成 CDO**(synthetic CDO)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

持有一个企业债券的长头寸，与在信用交换交易中卖出关于企业的信用保护(即持有信用保护的短头寸)是等价的，这一观点促成了以另一种方式来产生 CDO，与构造一个由企业债券所构成的资产组合相比，CDO 发行人可以构造一个由信用违约互换短头寸所组成的产品组合，这一组合的信用风险通过证券化转移给了份额投资人，由这种形式所生成的 CDO 被称为是合成 CDO。

合成 CDO 的构造使得信用违约互换组合的违约损失被分配到份额之中，并且在损失产生后，份额的本金也随着损失量的出现而降低。假定信用违约互换组合的本金总量为 1 亿美元，并且证券化共产生了 3 个份额，损失的分布类似于图 23-3，情形可能如下：

1. 第 1 个份额首先承担第一个 500 万美元损失，作为回报，该份额投资回报等于份额 1 即存本金的 15%。

2. 第 2 个份额承担接下来的 2 000 万美元损失，作为回报，该份额投资回报等于份额 2 即存本金乘以 100 个基点。

3. 第 3 个份额承担接下来的 7 500 万美元损失，作为回报，该份额投资回报等于份额 3 即存本金乘以 10 个基点。

份额 1、2 及 3 的最初本金面值为 500 万美元、2 000 万美元及 7 500 万美元，份额面值随着信用违约互换赔偿的出现而减少。最初，份额 1 中信用卖出方的回报等于份额面值 500 万美元乘以 15%，假定在 6 个月后，信用违约造成了信用违约互换 100 万美元的违约付款，这时款项是由信用卖出方支付给信用买入方的，因此份额 1 的面值也随之减小 100 万美元，由此信用卖出方的回报等于即存面值 400 万美元(而不是 500 万)乘以 15%；如果信用违约互换的违约付款超出 500 万美元，份额 1 被完全消除，剩下的损失由份额 2 来承担，当违约付款超过 700 万美元时，份额 2 的即存面值变为 1800 万美元，这时份额 2 已经承担了 200 万美元的损失[㊀]。

23.5.2 标准交易组合及单份额交易

在第 23.1 节，我们讨论了 CDX NA IG 北美及 iTraxx 欧洲信用违约指数，这些指数是用来跟踪北美及欧洲的投资级证券的信用溢差，市场采用这些指数所对应的基础资产来定义标准份额。CDX NA IG 是由北美 125 家具有投资级信用的公司所组成，股权份额是为了覆盖 0% 至 3% 的本金损失，中间份额是为了覆盖 3% 到 7% 的本金损失，其他份额是为了覆盖 7% ~10%、10% ~15%、15% ~30% 以及 30% ~100% 的本金损失；对应于 iTraxx 欧洲指数，份额所覆盖的损失范围分别为 0~3%、3% ~6%、6% ~9%、9% ~12%、12% ~22% 以及 22% ~100%。

一旦份额定义完成，在不需要定义整体结构的情况下[㊁]，交易员可以交易合成 CDO 中的单份额，这一做法被称为**单一份额交易**(single-tranche trading)，合成 CDO 的结构为交易提供参考点，来定义信用买入方及卖出方交易员之间的现金流。

表 23-7 显示了 iTraxx 份额在一个连续 3 年内，在 1 月底的报价。为了解释这些报价的含义，我们考虑 2007 年 1 月 31 日所对应的一行，该行显示指数水平为 23 个基点，这说明买入基础资产组合所有 125 家公司的信用保护的费用为 23 个基点(忽略买入卖出差价)(例如，假如我们买入面值为 100 万美元，关于基础资产中每一家公司的信用保护，每年的费用为 0.002 3 × 1 000 000 × 125，即 287 500 美元)。一个交易员可以买入对应于基础资产损失 6% ~9% 的信用保护，费用为 11.95 个基点。假定买入信用保护的面值为 600 万美元，这对应于初始份额的本金，信用卖出方

㊀ 在实际中，信用卖出方要支付数量等于份额本金面值的保证金，这一保证金的回报率为 LIBOR，当某一份额被用于支付信用违约互换中的损失时，赔偿现金应当从保证金中支付，违约时收回资金将被用于退还(to retire)最高级份额的本金，这时的退还本金并不意味着最高级的份额的本金有任何损失，这只意味着高级份额所退换本金部分没有取得相应的回报(此时的回报为 10 个基点)。

㊁ 即在无须定义瀑布式现金流结构的情况下。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

向信用买入方支付的违约损失赔偿与 iTraxx 欧洲组合中的违约损失有关。如果累积违约的损失小于组合资产面值的 6%，这时信用卖出方不用支付任何违约赔偿；一旦累积损失数量超过组合面值的 6%，违约赔偿就会启动。如果在第 3 年末，累积违约损失由资产组合面值的 6% 上升到 7%，则信用卖出方需向买入方支付 200 万美元，份额面值将减至 400 万美元；如果在第 4 年末，累积违约损失由组合资产面值的 7% 上升到 9%，信用卖出方需向买入方支付额外的 400 万美元，这时份额本金降至 0。在这个时刻以后的损失不再触发任何违约赔偿。在合约中，信用买入方需向卖出方在每隔 3 个月的最后时间付费，费用等于 0.001 195 乘以份额的即存面值。最初的费用为每年 0.001 195 ×6 000 000，即 7 170 美元。

股权份额 0 ~ 3% 的报价方式与其他份额不同，市场报价为 10.34%，意味着信用卖出方收入的最初付款等于份额面值的 10.34% 加上每年即存面值的 500 个基点。

在最近两年内，信用市场发生了很大变化，信用紧缩引发了信用溢差的大幅度增长，如表 23-7 所示。iTraxx 指数已从 2007 年 1 月的 23 个基点上涨为 2009 年 1 月的 165 个基点，其他份额的报价也有显著增长，促成这些变化的原因之一是市场对投资级公司的违约概率估测有所增大，但是，这些变化在许多情形也归咎于信用卖出方所经历的流动性问题，信用卖出方更加厌恶风险，从而导致了其风险溢价的增长。

表 23-7 5 年 iTraxx 欧洲指数的中间市场(mid-market)报价

日期	份额					
	0 ~ 3%	3% ~ 6%	6% ~ 9%	9% ~ 12%	12% ~ 22%	iTraxx 指数
2007 年 1 月 31 日	10.34%	41.59	11.95	5.60	2.00	23
2008 年 1 月 31 日	30.98%	316.90	212.40	140.00	73.60	77
2009 年 1 月 30 日	64.28%	1 185.63	606.69	315.63	97.13	165

注：除了 0 ~ 3% 份额，报价为基点数量，0 ~ 3% 的报价为份额本金比率加上每年 500 个基点。

资料来源：Creditex Group，Inc。

23.5.3 违约相关性的作用

违约相关性在 CDO 份额定价中扮演着重要的角色。当相关性较低时，股权份额几乎肯定会有损失并且其面值很容易被消除[⊖]，但是，高级份额会相对安全一些。

当违约相关性增大时，高级份额会变得更加危险，但股权份额的预期损失会降低。为了理解这一点，假定违约概率为 10%，相关性为完美，即相关系数为 1，这时我们面对的是要么损失全部，要么没有任何损失的情形(all-or-nothing)，所有公司违约的概率为 10%，没有任何一家损失的概率为 90%，因此，股权份额将毫发无损的概率为 90%。

小 结

金融机构采用信用衍生产品来积极主动地管理自身的信用风险，它们利用一些信用互换可以将自己的信用风险转移给其他公司。

市场上最流行的信用衍生产品是信用违约互换。在这种合约里买入某个公司信用违约保险的一方在违约事件后的收益等于某个参考实体公司债券面值与违约时债券价格的差，我们可以通过计算预期付款的贴现值以及预期收益的贴现值来对信用违约互换进行分析和定价。

⊖ 例如，如果在今后 5 年违约率为 5%，相关性为 0，125 家公司中没有任何一家违约的概率为 0.2，同时有 6 家或更多违约的概率大约为 60%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

总收益互换是指某个与信用有关的资产收益与 LIBOR 加上差价的交换协议。总收益互换常常被用做融资工具。某家公司为了买入某个债券组合，可以同金融机构达到一种协议，协议中约定金融机构首先买入债券组合，然后向这家公司支付债券组合的整体收益，同时金融公司的收入为 LIBOR 加上差价，以上结构的好处是这种交易减小了金融机构对于这家公司的信用风险暴露。

一个信用违约互换的远期合约是指在将来某个指定时刻进入某个信用违约互换的一种义务，信用违约互换期权是在将来某个时刻进入某个信用违约互换的一种权利，在到期之前如果参考实体违约，信用违约互换远期及期权都会自动消失。

在债务抵押债券中，一个企业债券或贷款组合派生出具有不同风险特性的债券。CDO 对信用损失的分配阐明了一定的规则，这些规则的直接效果是将资产组合派生出的债券赋予了或高或低的信用等级。一个合成 CDO 以信用违约互换交易为基础而派生出不同信用等级的债券。

推荐阅读

Andersen, L., and J. Sidenius, "Extensions to the Gaussian Copula: Random Recovery and Random Factor Loadings," *Journal of Credit Risk*, 1, No. 1 (Winter 2004): 29–70.

Andersen, L., J. Sidenius, and S. Basu, "All Your Hedges in One Basket," *Risk*, November 2003.

Das, S., *Credit Derivatives: Trading & Management of Credit & Default Risk*. Singapore: Wiley, 1998.

Hull, J. C., and A. White, "Valuation of a CDO and *n*th to Default Swap without Monte Carlo Simulation," *Journal of Derivatives*, 12, No. 2 (Winter 2004): 8–23.

Hull, J. C., and A. White, "Valuing Credit Derivatives Using an Implied Copula Approach," *Journal of Dericatives*, 14, 2 (Winter 2006): 8–28.

Laurent, J.-P., and J. Gregory, "Basket Default Swaps, CDOs and Factor Copulas," *Journal of Risk*, 7, 4: 103–122.

Li, D. X., "On Default Correlation: A Copula Approach," *Journal of Fixed Income*, March 2000: 43–54.

Schönbucher, P. J., *Credit Derivatives Pricing Models*. Wiley, 2003.

Tavakoli, J. M., *Credit Derivatives: A Guide to Instruments and Applications*. New York: Wiley, 1998.

测验题

23.1 请解释一般信用违约互换同两点信用违约互换的区别。

23.2 某信用违约互换付费为每半年一次，付费溢价为 60 个基点，信用违约互换的本金为 3 亿美元，信用违约互换的交割方式为现金形式，假设违约发生在 4 年零 2 个月，而信用违约互换价格的计算方所提供的最便宜可交割债券在刚刚违约时的价格等于面值的 40%，请陈述此合约所涉及的现金流以及信用卖出方所付赔偿的时间。

23.3 请说明信用违约互换的两种交割方式。

23.4 请说明现金 CDO 及合成 CDO 的构造过程。

23.5 什么是第 1 个信用违约互换？当信用相关性增加时，其价格是增大还是减小？

23.6 请解释风险中性与真实世界里违约概率的不同。

23.7 请解释为什么一个总收益互换可以被用来作为一种融资工具。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

练习题

23.8 假定零息利率曲线为水平，每年为7%（连续复利）。假定在一个5年期CDS合约中违约事件发生在每年的年正中。假定回收率为30%，并且在无前期违约条件下违约的条件概率为每年3%，请估计信用违约互换的溢价。在计算中假定CDS付费为每年1次。

23.9 假定在练习题23.8中信用违约互换溢价为150个基点。这一信用违约互换对于信用买入方的价值是多少？

23.10 假如23.8中的信用违约互换为两点信用违约互换，这时计算出的溢价为多少？

23.11 一个5年期第n个信用违约互换合约的运作方式是什么？假定我们有一个由100个参考实体所构成的组合，每一个参考实体的违约概率为每年1%，当参考实体的违约相关性增加时，第n个信用违约互换合约在以下情形价格会如何变化：（a）=1；（b）=25。

23.12 一个债券的回收率应该如何定义？联系CDS收益与本金以及回收率的公式是什么？

23.13 请证明一个简单信用违约互换的溢价等于$1-R$乘以一个两点信用违约互换的溢价，这里的R为回收率。

23.14 假定表23-1至表23-5的实例中的CDS的溢价为100个基点，请验证违约概率为1.61%。如果回收率为20%而不是40%，违约概率会如何变化？请验证你的结果与“隐含违约概率同$1/(1-R)$大体成正比”这一结论一致，其中R为回收率。

23.15 某家公司进入某个总收益互换合约，在合约中这家公司收入券息为5%的某企业债券收益，而同时需要付出的利率为LIBOR，请解释这一合约同一个固定利率为5%以及浮动利率为LIBOR的一般利率互换的区别。

23.16 请解释CDS远期合约及CDS期权的结构。

23.17 “在信用违约互换中信用买入方的头寸与某个无风险债券的长头寸及某个企业债券的短头寸相似”，请解释这一观点。

23.18 为什么在信用违约互换中存在信息不对称问题？

23.19 在CDS定价中采用真实世界违约概率而不是风险中性违约概率会高估还是低估信用保护的价格？请解释为什么。

作业题

23.20 假定无风险零息利率曲线为水平，每年为6%（连续复利），并且一个2年期CDS合约中违约可能发生在0.25年、0.75年、1.25年及1.75年。信用违约互换溢价付费为每半年一次，假定回收率为20%，并且无条件违约概率（在时间0观察到）在0.25年及0.75年为1%，在1.25及1.75年均为1.5%。信用违约互换溢价为多少？如果以上信用违约互换变为两点信用违约互换，那么溢价又会是多少？

23.21 假定某公司在无前期违约条件下一年的违约概率为λ，并且回收率为R，无风险利率为每年5%。假设违约只是发生在每年的年正中，5年期的一般CDS一年支付一次的溢价为120个基点，5年期两点CDS一年支付一次的溢价为每年160个基点。请估计回收率R及条件违约概率λ。

23.22 当债券组合的债券相关性有所增加时，合成CDO里不同份额所给出的收益率会有何变化？

23.23 假定(a)5年期无风险债券的收益率为7%，(b)5年期公司X所发行债券的收益率为9.5%，(c)一个5年期对于公司X的信用保护溢价为每年150个基点，这时是否存在套利机会？当信用违约互换溢价由150个基点变为300个基点时，套利机会又会变成什么样？请给出两个原因来说明这里的套利机会并不完美。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

23.24 期限为1年、2年、3年、4年、5年的CDS的溢价分别为100、120、135、145和152个基点，所有期限的无风险利率为3%，回收率为35%，每季度支付一次，用DerivativeGem计算每年的连续复利违约率(hazard rate)。第1年违约的概率为多少？第2年违约的概率为多少？

23.25 表23-7显示了在2008年1月31日5年期的iTraxx指数为77个基点，假设所有期限的无风险利率为5%，回收率40%，每季度支付；假设所有期限的溢价为77个基点，用DerivativeGem CDS工作页计算与该溢价一致的违约率。在CDS工作页用这个来推导2008年1月31日每个份额的基本相关性。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

24 CHAPTER

第 24 章

气候、能源以及保险衍生产品

本章将讨论衍生产产品市场上的一些新产品，介绍的产品主要用于管理气候风险、能源风险以及保险公司所面临的风险。这些产品现在已经相当成熟，有些产品在交易所交易，有些在场外交易。有些产品与其他市场的标准产品(例如远期、期货、期权和互换)本质上一样，另外一些产品的设计反映了标的资产的特性，有独特之处。

24.1 气候衍生产品

许多公司的业务表现都可能会被恶劣天气影响[⊖]，可以说，这些公司对于气候风险的对冲需求就像对于外汇或利率风险的对冲需求一样。

第一个气候衍生产品是在1997年被首次引入的。为了解释气候衍生产品的机制，我们需要解释下面两个变量：

HDD——升温天数(heating degree days)。

CDD——降温天数(cooling degree days)。

一天的 HDD 定义如下

$$HDD=\max(0,\ 65-A)$$

而一天的 CDD 则定义成

$$CDD=\max(0,\ A-65)$$

式中，A 是指某个指定气象台报告的每天最高以及最低温度平均值，这里的温度计量以华氏温度计量。例如某一天(子夜与子夜之间)的最高温度为华氏68°，最低温度为华氏44°，这时 $A=56$，因此 HDD $=9$，CDD $=0$。

⊖ 美国能源部估计有1/7的美国经济受天气风险制约。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

典型的场外交易气候衍生产品包括远期合约和期货合约。合约的收益通常与一个月累积的HDD、CDD有关(累积HDD及CDD分别等于一个月内HDD之和及CDD之和)。例如，某交易商在2011年1月卖给客户标的变量为2012年2月累积HDD的看涨期权，温度观测地点为芝加哥奥黑尔(O'Hare)机场气象台，合约行使价格为700美元，而对于天气的每一度(高于700)，期权收益为10 000美元，如果实际为820美元，那么期权收益为120万美元。一般在合约中包括一个上限，如果例子中的合约上限为150万美元，这时客户的头寸等价于一个牛市差价。客户持有一个标的变量为累积HDD，行使价格为700美元的期权长头寸与一个行使价格为850美元的期权短头寸。

一天的HDD是当天为取暖所需能源消耗的度量，一天的CDD是该天为降温所需能源消耗的度量。大多数气候衍生产品的客户是能源供应商和能源消耗者。但是零售商、超级市场、食品及饮料制造商、健康服务公司、农产品生产商以及娱乐服务业都可能是气候衍生产品的用户。天气风险管理协会(The Weather Risk Management Association)的建立正是为了给气候衍生产品的客户提供服务。

在1999年9月，芝加哥商品交易所(CME)开始交易天气期货以及欧式天气期货期权。合约的标的变量为在某气象台所观测到某月的累积HDD以及CDD,[⊖]合约以现金方式交割，交割时间为每月末当HDD及CDD都成为已知的时刻。期货合约是基于20乘以累积HDD或CDD。CME提供全球42个城市的与气象相关的期货和期权合约，同时还提供关于飓风、霜冻以及降雪的期货和期权。

气候衍生产品的收益与系统风险无关，因此我们可以采用历史数据来对产品定价。例如，考虑上面的标的变量为2012年2月芝加哥奥黑尔机场的HDD看涨期权，我们可以采集50年的数据来估计HDD的概率分布，然后利用估计出的概率分布来对期权定价。期权价格等于期权收益均值以无风险利率的贴现。我们可以对概率分布加以调节以便反映温度的趋向。例如，采用线性回归模型我们可能得出2月份的HDD以每年数量为10的平均速度下降，这个回归模型结果可以用来估计调节后的2012年2月份HDD的概率分布。

24.2 能源衍生产品

能源公司是衍生产品最活跃也是最复杂的用户，许多能源产品在场外和交易所都有交易。在本节，我们将讨论原油、天然气以及电力衍生产品的交易。

24.2.1 原油

原油是世界上最重要的商品之一。全球对原油的日需求量是8 000万桶。10年期的固定价格供油协约已经在场外市场流行了许多年。这些协议通常是以固定价格原油与浮动价格原油进行交换。

市场上有不同等级的原油以反映不同的硫含量和重力。其中有两个重要的价格参照，一个是布伦特原油(Brent)，另一个是西得克萨斯中质原油(West Texas Intermediate，WTI)。原油经过提炼后加工成汽油、取暖油、燃料油和煤油。

在场外市场，几乎所有用于普通股票、股票指数的衍生产品都被搬到了以原油价格做标的变量的产品上。互换协议、远期合约以及期权已经非常普遍。合约的交割形式有时是现金有时是现货交付(即交付石油)。

交易所的产品也非常流行。纽约商品交易所(NYMEX)以及国际石油交易所(International

⊖ CME引入了与10个不同气象台，即亚特兰大、芝加哥、辛辛那提、达拉斯、拉斯维加斯、得梅因、纽约、费城、波特兰、图森有关的合约。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

Petroleum Exchange，IPE）交易许多远期期货及期货期权。有些期货的交割方式为现金，而其他的合约交割方式为实物交付。例如，在 IPE 交易的布伦特原油期货交割方式为现金交付，其计算方式基于布伦特指数价格；在 NYMEX 交易的轻质无硫（light sweet）原油期货需要实物交付。两种情形下一份合约所对应的石油量均为 1 000 桶。同时也交易两种成品油合约：取暖油和汽油。这两种合约所对应的油量均为 42 000 加仑。

24.2.2 天然气

国际天然气业在近年来都经历了许多管理条规的变化，政府垄断的现象已经消失。由于天然气供应商并不一定是天然气生产商，所以供应商每天都面临货源问题。

场外合约的一个典型目的是为了约定在某个月内以大体上一致的速度交付一定数量的天然气。场外市场上有远期合约、期权以及商品互换交易。天然气的卖出方要负责通过天然气管道将天然气送达某个指定地点。

NYMEX 交易的合约计量单位为 100 亿英国热量单位（British thermal units）的天然气。如果合约没有被提前平仓的话，那么卖出方需要在某个月以大体一致的速度将天然气运到路易斯安那州指定的天然气枢纽。在伦敦的 ICE 也交易类似合约。

24.2.3 电力

电力是一种特殊商品，这是因为电力很难存储。[⊖] 某一地区在某时刻电力供应与在这一地区所有的发电能力有关。在美国有 140 个地区属于管制性地区（control areas）。在管制性地区，电力的需求与供应要首先达到匹配，然后才能将额外电力卖给其他的管制性地区。这些额外能源是电力交易市场的主要构成产品。一个管制性地区卖给另一个管制性地区的电力数量还取决于两个地区之间的输电能力，而且不同地区的电力输导会涉及输导费用。这一费用由输电设备的拥有者掌握。在输电过程中往往会有电力能源的损耗。

电力的主要用途之一是为空调系统提供能源。因此对于电力的需求以及价格在夏天要高于冬天。而电力的不可存储性有时会造成现市市场价格的大幅度波动。我们曾听说过在短时间内的天气热浪造成价格上涨达 1000%。

像天然气市场那样，电力市场近年来也经历了许多管理条规的变化。政府的垄断已被消除，同时也产生了电力衍生产品市场。在 NYMEX 人们能够交易标的变量为电力价格的远期合约、期权以及互换产品。一个典型的合约（交易市场型或场外型）允许某交易方在某一指定月份以一定的价格收到一定数量的千瓦小时（megawatt hours）的电力。在一个 5×8 合约中，电力接收时间为某指定月份中每周 5 个工作日（星期一至星期五）的非高峰时间（晚上 11 点至早上 7 点）；在一个 5×16 合约中，电力接收时间为某指定月份中每周 5 个工作日的高峰时间（早上 7 点至晚上 11 点）；在一个 7×24 合约中，电力接收时间为指定月份中每天的任意时刻。期权合约的行使权利有日行使（daily exercise）以及月行使（monthly exercise）两种形式。在日行使形式中，期权的持有人可以在某月的任何一天（必须有一天的准备期）以某指定价格接收一定数量的电力；在月行使形式中，期权持有人必须在某个指定月的月初决定是否以某指定价格接收一定数量的电力。

一个有趣的电力和天然气合约为**摆动期权**（swing option）或持有和付账期权（take and pay option）。这种合约通常阐明期权持有人以某指定价格每天接受电力的最低数量以及在每月所接收电力的最高数量，期权持有人可以变化（摆动）在每月买入电力的速度，但一般来讲合约对期权持

⊖ 具有剩余电力能源的生产商可以采用水泵将水输入发电厂高处，并在今后需要能源时以水力发电，这大概是生产商所能做到的最好的电力储存方式。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

有人的变化次数有一定限制。

24.2.4 能源价格的特征

与股票价格相似，能源的价格会上下波动（典型的波动率为原油每年 20%，天然气每年 40%，电力每年 100% ~200%）。与股票价格变化不同的是：能源的价格变化具备季节性（seasonality）和均值回归性（见第 21.7 节有关均值回归的讨论）。能源价格变化的季节性是由于对能源的需求随季节变化会上下波动，而且能源又非常难以存储。能源的价格变化均值回归性是由于当能源的短期供应与需求失调时，能源的价格会偏离其平均值，但当正常市场条件恢复以后，能源的价格又会被“拉回”到其平均值左右。

24.2.5 能源生产商如何对冲风险

能源生产商面临两类风险：一类风险是价格风险，另一类风险是存量风险。虽然价格会随着存量进行调节，但两者之间的关系并非完美。在构造对冲决策时，能源生产商必须将这两种风险都考虑在内。价格风险可以利用本章所讨论的能源衍生品进行对冲，而存量风险则可以用前一节讨论的气候衍生产品进行对冲。

定义：

Y——某月的盈利；

P——某月的平均能源价格；

T——某月的相关气温变量（HDD 或 CDD）。

能源生产商可采用历史数据来得到一个最佳匹配线性回归方程

$$Y = a + bP + cT + \varepsilon$$

式中，ε 为误差项。能源生产商因此可以进入数量为 $-b$ 的能源远期合约以及数量为 $-c$ 的天气远期合约或期货来对冲风险。上式也可以用于其他产品的对冲，例如期权产品。

24.3 保险衍生产品

当衍生产品用于对冲目的时，这些产品在许多方面都与保险合同有相似之处。两种合约的共同目的都是针对不利事件设定，所以当我们看到许多保险公司的子公司纷纷参与衍生产品交易，以及许多保险公司的业务与投资银行的业务越来越相似时应该不会感到吃惊。

传统上，保险公司以再保险的形式来对冲自己面临类似飓风及地震等灾难性的风险。再保险合同有多种形式，比如某保险公司在加利福尼亚州有 1 亿美元的风险暴露，而保险公司想将自己的额度缩减为 3 000 万美元。其中一种选择就是进入再保险，也就是对整体损失的 70% 进行投保。如果加利福尼亚州地震索赔额为 5 000 万美元，公司所付出的费用为 0.3 ×5 000，即 1 500 万美元。另外一种更为流行的方式可以减小投保金，在这种方式中保险公司会买入一系列的再保险合同。这些合同是为了对所谓的超出成本层（excess cost layers）进行投保。第一层的赔偿金是为了覆盖 3 000 万 ~4 000 万美元的损失，第二层是为了覆盖 4 000 万 ~5 000 万美元的损失；依此类推，每一个再保险合同都被称为超额损失（excess of loss）再保险合同。这时保险公司进入了执行价为投保层下限的看涨期权长头寸，同时又进入了执行价为投保层上限的看涨期权短头寸。[⊖]

传统上灾难性再保险的主要供应者是再保险公司以及劳埃德（Lloyds）辛迪加（由比较富有的个人所组成的有无限责任的融资财团）。近年来整个工业界都认为应该扩大再保险的传统服务渠

⊖ 有时再保险是在整体损失超出一定水平以后才提供，这时再保险商卖出了一个对于损失的现金或空手两值期权。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

道，人们现在已经开始寻找为资本市场提供再保险服务的方式。促成这一趋势的一个原因是由于 1992 年的安德鲁飓风。这一飓风在佛罗里达州造成的损失高达 150 亿美元，这远远超过了发生飓风之前 7 年的保险金的总额。如果这一飓风所袭击的是迈阿密的话，那么损失量将会高达 400 亿美元。飓风以及其他灾难性事件触发了保险/再保险保金的增长。

场外市场已经有一定数量的产品可以用来替代传统的再保险合同，其中最为流行的产品是 CAT 债券。这些债券通常是由保险公司的子公司发行，其券息比一般债券要高。为了收入高券息，债券持有人同意提供超额损失再保险。CAT 债券条款可能会标明债券的券息或本金(或两者)都可以用来支付保险索赔。让我们考虑以上讨论的例子。保险公司对于加利福尼亚州地震损失介于 3 000万 ~4 000 万美元的损失提供保险，这时保险公司为了寻求对这一现象的保护可以发行面值为 1 000 万美元的 CAT 债券。当加利福尼亚州地震损失超出 3 000 万美元时，债券持有者可能会损失部分或全部本金。再有一个做法是保险公司可以发行一个更大的债券来对这一层次进行保险，这时保险公司可以使得只有券息会受到地震损失的影响。

CAT 债券通常会给出高概率的高券息以及低概率的高损失。为什么会有投资者对这种产品感兴趣呢？原因在于 CAT 风险与市场风险之间没有统计上的强相关性，⊖ 正因为如此，CAT 债券往往会吸引投资者的注意力，这些债券没有系统风险，因此它们的整体风险完全可以在一个大的交易组合中被分散。因此如果一个 CAT 预期收益大于无风险利率(通常是这样)，那么这种债券可以用于改善风险与收益的替换关系。

小 结

本章内容说明，当需要控制和管理某种风险时，衍生产品市场对开发新产品来满足客户需求有很强的创造力。

在气候衍生产品市场，HDD 及 CDD 两个测度可以用来描述一个月的天气温度。这些测度可以用来描述交易所交易及场外市场产品的最终收益。随着气候衍生产品的发展，在今后我们将会看到有关降雨、降雪以及其他天气变量的衍生产品。

原油衍生产品已经成为能源市场一个重要组成部分，同时这些衍生产品对于油料生产商以及油料客户管理自身风险起着关键的作用。天然气以及电力衍生产品相对较新。当监管条例放宽和政府的垄断消除后，这些产品会成为风险管理的重要组成部分。

保险衍生产品已经逐渐开始取代传统的再保险合约。这些产品为再保险公司管理类似飓风和地震等灾难性风险提供了工具。毫无疑问，随着市场的进步我们将会看到更多的保险产品(例如，生命保险以及汽车保险)被证券化。

推荐阅读

关于气候衍生产品

Arditti, F., L. Cai, M. Cao, and R. McDonald. "Whether to Hedge," *RISK: Supplement on Weather Risk* (August 1999): 9–12.

Cao, M., and J. Wei. "Weather Derivatives Valuation and the Market Price of Weather Risk," *Journal of Futures Markets*, 24, 11 (November 2004), 1065–89.

Hunter, R. "Managing Mother Nature," *Derivatives Strategy* (February 1999).

⊖ 请参考 R. H. Litzenberger, D. R. Beaglehole, and C. E. Reynolds, "Assessing Catastrophe Reinsurance-Linked Securities as a New Asset Class," *Journal of Portfolio Management* (Winter 1996): 76-86.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

关于能源衍生产品

Clewlow, L., and C. Strickland. *Energy Derivatives: Pricing and Risk Management*. Lacima Group, 2000.

Eydeland, A., and H. Geman. "Pricing Power Derivatives," *Risk* (October 1998): 71–73.

Eydeland, A., and W. Krzysztof. *Energy and Power Risk Management*. Hoboken, NJ: Wiley, 2003.

Geman, H. *Commodities and Commodity Derivatives: Modeling and Pricing for Agriculturals, Metals, and Energy*. Chichester: Wiley, 2005.

关于保险衍生产品

Canter, M.S., J.B. Cole, and R.L. Sandor. "Insurance Derivatives: A New Asset Class for the Capital Markets and a New Hedging Tool for the Insurance Industry," *Journal of Applied Corporate Finance* (Autumn 1997): 69–83.

Froot, K.A. "The Market for Catastrophe Risk: A Clinical Examination," *Journal of Financial Economics*," 60 (2001): 529–71.

Froot, K.A. *The Financing of Catastrophe Risk*. Chicago: University of Chicago Press, 1999.

Geman, H. "CAT Calls," *Risk* (September 1994): 86–89.

Hanley, M. "A Catastrophe Too Far," *Risk Supplement on Insurance* (July 1998).

Litzenberger, R.H., D.R. Beaglehole, and C.E. Reynolds. "Assessing Catastrophe Reinsurance-Linked Securities as a New Asset Class," *Journal of Portfolio Management* (Winter 1996): 76–86.

测验题

24.1 HDD 及 CDD 的含义是什么？

24.2 一个典型的天然气远期合约是如何构造的？

24.3 假定在 7 月份每一天的最低温度为华氏 68°，最高温度为华氏 82°，一个关于 7 月份累积 CDD，行使价为 250 的期权收益为多少？假定每一度的收益为 5 000 美元。

24.4 为什么电力价格波动率比其他能源价格波动率要大？

24.5 "HDD 及 CDD 可以被看成是以温度为标的变量的期权收益。"请解释这一观点。

24.6 假定你拥有过去 50 年的数据，请仔细解释如何由此数据来计算对于某一个月累积的 CDD 远期合约价格。

24.7 你认为一年原油远期合约价格的波动率是会大于还是小于现期市场价格的波动率？请解释你的观点。

练习题

24.8 一个能源制造商如何利用衍生产品来对冲风险？

24.9 请解释一个 5 × 8 并且为 2011 年 5 月行使的电力期权运作方式。请解释一个 5 × 8 并且为 2011 年 5 月行使期权的运作方式，这里哪一个期权价值更高？

24.10 请解释 CAT 债券的运作方式。

24.11 假定两个债券的券息，期限价格均相同，其中一个债券信用评级为 B，另一个为 CAT 债券。由历史数据所做的推断显示出在今后每一年这两个债券的预期损失都相等。这时你会鼓励交易组合经理去购买哪一个债券，为什么？

24.12 "原油、天然气以及电力价格都具有回归均值的性质。"这句话的含义是什么？哪种产品具备最强的回归均值速度？哪种产品具有最弱的回归均值速度？

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

作业题

24.13　某保险公司的某项保险损失可以很好地用正态分布来描述。正态分布的期望值为 150 万美元，标准差为 5 000 万美元（假定风险中性损失与真实世界损失没有区别）。一年无风险利率为 5%，请解释以下几种情形所对应的费用：(a) 在一年时保险赔偿为保险公司整体费用 60% 的保险合约；(b) 在一年时如果损失超出 2 亿美元，保险赔偿为 1 亿美元的保险合约。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

CHAPTER 25

第 25 章

重大金融损失事件与教训

自20世纪80年代中期开始，衍生产品市场出现了若干起引人注目的重大损失，其中最大的损失来自于美国住房按揭产品的交易，这在第8章已经有所讨论。业界实例25-1列举了一些金融机构的损失事件，业界实例25-2列举了一些非金融机构的损失事件。这里所列举的事件中有一个显著特点，那就是由单一雇员造成重大损失所出现的次数较为突出。1995年尼克·利森(Nick Leeson)所做交易的后果使得一个运作了200年之久的英国老牌银行巴林银行垮台；在1994年，罗伯特·西特仑的交易造成加州奥兰治县的损失达20亿美元；约瑟夫·杰特(Joseph Jett)的交易给基德公司(Kidder Peabody)带来的损失达3.5亿美元；约翰·拉斯纳克(John Rusnak)给爱尔兰联合银行(Allied Irish Bank)带来的7亿美元损失直到2002年才得以曝光；2006年Amaranth对冲基金的交易员布莱恩·亨特(Brian Hunter)给公司造成的损失高达60亿美元。另外，大和银行(Daiwa Bank)、壳牌石油公司及住友株式会社(Sumitomo)的重大损失都是由于个人的行为所致。

业界实例25-1　金融机构的重大金融损失

爱尔兰联合银行

这家银行因为其外汇交易员约翰·拉斯纳克在若干年里所做的非授权投机交易而损失7亿美元。拉斯纳克以制造虚假期权交易的形式掩盖了他的损失。

Amaranth对冲基金

此对冲基金在2006年因对天然气价格走向下赌而损失60亿美元。

巴林银行

这家运作了200年的英国老牌银行因为其外派新加坡的交易员尼克·利森的行为而毁于一旦。尼克·利森的职责是从新加坡及大阪的日经225期货指数报价中进行套利，而实际上他采用了期货及期权对日经225指数进行了大笔方向性投机，最终他带来的损失高达10亿美元。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

大和银行

这家日本银行外派到纽约的一个交易员在20世纪90年代给这家银行造成了10亿美元的损失。

安然公司

安然公司精心设计出一些合约，这些合约使得安然公司股权人对公司的运作一无所知，在后来帮助安然公司达到其欺骗目的许多公司因法律纠纷付给安然公司股权人的赔偿超过了10亿美元。

基德公司

公司交易员约瑟夫·杰特的个人行为给该投资公司带来了3.5亿美元的损失，约瑟夫所交易的产品主要是美国国债，他的损失是由于公司计算机系统用于计算盈利的公式错误而造成的。

长期资本管理公司

美国长期资本管理公司(LTCM)在1998年的损失近40亿美元。在1998年中，俄罗斯证券的违约触发了信用溢差的增大，因此LTCM遭受严重损失，濒临破产。纽约联邦储备银行考虑到LTCM的规模如此之大，其破产会给金融系统带来重大灾难，因此组织了14家银行同时提供资金来挽救LTCM。

米德兰银行

这家英国银行因在20世纪90年代初期对利率走向下赌而损失5亿美元。该银行后来被汇丰银行(Hong Kong and Shanghai Bank)兼并。

兴业银行

法国兴业银行的股票交易员杰洛米·科维尔因在2008年1月对于股指进行赌博，损失达70亿美元。

次贷损失

2007年，投资人对由美国次级按揭所生成的结构性产品失去信心，引发了市场的信用紧缩(credit crunch)，成为自20世纪30年代以来最大的市场萧条，在这期间，金融机构(如瑞银、美林、花旗)的损失高达数百亿。

业界实例25-2 非金融机构的重大金融损失

联合里昂食品公司

这家公司资金部在1991年因出售美元/英镑看涨期权而损失1.5亿美元。

吉布森礼品公司

这家制造礼品卡的公司在1994年与信孚银行(Bankers Trust)进行结构性产品交易时损失了近2 000万美元。后来该公司起诉信孚银行，法律纠纷最终得到庭外解决。

哈默史密斯－富勒姆

英国伦敦哈默史密斯－富勒姆行政区的市政当局因为英镑互换以及期权交易在1988年损失了近6亿美元。所有这些合约被英国法庭宣布无效，英国法庭的决定主要是因为交易对手缺乏对于这些衍生产品的知识。

德国金属公司

这家德国公司进入了长期限的远期合约。合约阐明此公司将提供原油及汽油，同时这家公司采用短期期货合约来对冲风险，后来这家公司因不得不停止这种交易而损失18亿美元。

奥兰治县

奥兰治县资金管理人罗伯特·西特仑的行为造成了这个加州城市在1994年损失了近20亿美元，这位管理人利用衍生产品来对利率进行投机，他下赌注利率不会增长。

宝洁公司

这家美国公司的资金部与信孚银行进行结构性产品交易时损失了近9 000万美元，后来这家公司起诉信孚银行，法律纠纷最终得到庭外解决。

壳牌石油公司

这家公司在日本分公司的一个雇员因交

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

易无授权的货币期货而损失了10亿美元。

住友株式会社

这家日本公司的一个交易员在20世纪90年代因交易铜现市、期货及期权交易而损失了大约20亿美元。

这里列举的损失有些涉及衍生产品，但这些损失并不能代表整个衍生产品市场的现状。衍生产品市场的规模达数万亿美元。不管从哪个角度来看，这个行业都是一个十分成功的行业，它确实满足了很多人的需求。在衍生产品交易中涉及不可接受的风险只是整个行业的一小部分。前美联储主席艾伦·格林斯潘在2003年5月曾说过以下一席话：

采用多种多样的衍生产品，以及采用更为完善的方法来检测和管理风险已经成为最大金融媒介机构强化其负载能力的主要动力。

虽然业界实例25-1及业界实例25-2所列举的损失只占市场交易量的一小部分(无论是交易数量还是交易价值)，但我们仍然应该认真研究这些实例并从中吸取教训，这将是我们本章的主要目的。

25.1 衍生产品用户应吸取的教训

下面首先将讨论衍生产品用户从这些金融损失中应吸取的教训。这里的衍生产品用户包括金融机构及非金融机构。

25.1.1 定义风险额度

由这些损失我们应吸取的第一个也是最重要的一个教训是关于风险额度。所有的公司(金融以及非金融公司)都必须对自身所能承担的风险有一个清晰、明确的定义。公司应该制定管理程序来保证额度的贯彻执行。整体的风险额度应该由董事会建立，然后这些额度应被转化为负责特定风险管理人员的特定额度。每天的风险报告应该是对将来市场变化所带来盈亏的一个预测，风险报告所预测的数值要与实际损失进行比较以便保证报告所用定价工具的准确性。

在应用衍生产品时，公司应该对于自身所面临的风险进行仔细检测，这是因为衍生产品既可以被用来对冲风险也可以用于进行投机与套利。如果不对风险进行仔细检测，就几乎不可能知道交易员是否由一个对冲者变成了投机者，或者从一个套利者变成了投机者。巴林银行就是一个典型的管理失败的实例，尼克·利森的职责是在新加坡及大阪市场有关日经225期货报价中进行低风险的套利，但是他在其伦敦上级管理人员不知情的情况下由套利者变成了投机者。利森对日经225指数下了巨大的方向性赌注，巴林银行管理系统非常不完善，以至于当时没有人知道利森在做什么。

这里的观点并不是说我们不能承担任何形式的风险，公司的资金管理人、金融机构的交易员或者基金经理关于市场变量将来的变化有采取某种行动的权利，但这些交易人员的交易量一定要受到某种制约，公司必须建立准确地报告有关交易风险的系统。

25.1.2 认真对待风险额度

如果某个交易员在超过风险额度情况下取得了盈利，我们这时应该怎么办？对于管理部门来讲，这是一个棘手的问题。交易员的盈利会使人们忽略其违反额度的行为，但这是一种短视的做法，所促成的风险文化会对风险额度不再重视，这就会给将来的失败埋下隐患。在业界实例25-1及业界实例25-2中显示的许多公司对他们当时所面临的风险之所以满意就是因为在过去的几年里曾面临类似风险并取得了盈利。

这里一个典型的实例是奥兰治县。奥兰治县的西特仑在1991～1993年曾给这个城市带来了巨大的盈利，城市以他的交易收入作为运转资金，人们这时因为盈利而忽略西特仑所承担的风

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

险，不幸的是，1994 年西特仑的损失远超过了他若干年的盈利。

在盈利时对于违反交易额度的惩罚与在亏损时对于违犯交易额度的惩罚要等同，否则交易员在交易损失之后会加大自身的交易量来取得盈利，并希望人们忘记自己的交易损失。

25.1.3 不要认为你能猜透市场

有的交易员对于市场预测可能比其他人更为优秀，但是他不可能永远正确。交易员能在所有预测中有 60% 正确就已经相当不错了，一个交易员出类拔萃的战绩(像 20 世纪 90 年代初的西特仑)很可能是由于运气，而并非交易技巧。

假定某金融机构雇用了 16 名交易员，其中一名交易员在过去一年中的每一个季度都盈利，这位交易员是否应拿到更多的奖金呢？他的交易额度是否应该增加呢？第一个问题的答案无疑是肯定的，但第二个问题的答案应该是否定的。在四个季度中均盈利的概率为 0.5^4，即 1/16，这意味着即使完全出于随机，在过去一年里每 16 个交易员中至少有一位每个季度“都会盈利”。我们不应该相信交易员的运气会永远持续，不应该因为交易员的暂时盈利而给他增加交易额度。

25.1.4 不要忽略多元化的好处

当某交易员比较擅长预测某些市场变量时，公司往往会倾向于给这位交易员增加交易额度。我们已经指出，这么做可能是一个很糟糕的决策，因为交易员的交易结果很可能是出于运气而非智慧。即使我们真的相信某交易员具备这种天赋，我们能在多大程度上允许不分散投资组合的风险以便利用这个交易员的天赋呢？答案是风险分散所带来的好处是巨大的，一个能出色到使我们忽略分散风险的好处而对某个单一市场变量进行投机的交易员是不大可能存在的。

接下来我们用一个实例来说明问题。假定有 20 只股票，股票的预期收益均为 10%，每只股票收益的标准差为 30%，任意两只股票之间的相关性都是 0.2，投资者将资产以均等的形式投入这 20 只股票。投资者投资组合的预期收益为 10%，标准差为 14.7%，风险分散使得投资者的风险降低了一半以上。也可以认为风险分散使得我们对每一份所承担风险的收益加大了一倍。只进行一种股票投资的投资者必须极其“聪明”才能取得比以上更好的风险收益替换关系。

25.1.5 进行情形分析和压力测试

在计算 VaR 的同时必须进行情形分析和压力测试，这样才能对可能发生的不利情形有所认识。我们在第 20 章对情形分析与压力测试曾有所讨论，这些工具对于管理人员来讲至关重要。人类有一个很不好的倾向，那就是在做出决策时往往过分依赖一两个情形。例如在 1993 ~ 1994 年里，宝洁公司在其决策过程中如此相信利率会维持在低水平，而完全忽略了利率增长 100 个基点的可能性。

对于不同情形的构造，管理人员一定要有创造力。一种途径是选取 10 ~ 20 年的历史数据中最极端的事件作为分析的情形。如果对于某个关键变量缺乏数据，我们可以将某些相近的数据作为近似，将这些近似变量的历史收益数据作为这个关键变量收益的近似。例如，对于某个国家发行的债券没有太多的历史数据，我们可以采用一些与这一国家相似的其他国家债券作为近似，可以从这些相似国家债券的历史数据来构造各种不同的情形。

25.2 金融机构应吸取的教训

接下来讨论金融机构从这些损失中应吸取的教训。

25.2.1 认真监视交易员

在交易大厅里常有一种倾向：那些表现出色的交易员往往认为是“惹不得”，而且凌驾于管理

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

制度之上。显然基德公司国债产品的“明星”交易员约瑟夫·杰特常常由于“太忙”而没有时间回答公司风险管理人员的问题。

所有的交易员，特别是那些盈利高的交易员都应该非常负责任，这一点至关重要。再有，金融机构应当清楚了解一笔高收入的交易是否由于承担过高风险所致。另外，银行必须检验自身交易系统以及定价模型的准确性，以确保这些交易工具不会被滥用。

25.2.2 确保前台、中台以及后台职责的分离

金融机构前台主要由交易员组成，这些交易员职责是进行交易，即对产品进行买卖；中台主要是由风险管理人员所组成，这些风险管理人员的职责是监控前台的风险；后台的职责主要是记账以及财会结算。有些金融衍生产品灾难的源泉是由于对以上几个职能部门的职责没有进行区分，利森掌管了巴林银行在新加坡分行的前台以及后台，因此他有机会在长时间内掩盖其大笔交易损失，而远在伦敦的上级高管对他的行为毫无察觉。再比如，杰洛米·科维尔因在兴业银行的后台工作过，后来去了前台做交易员，他利用自己对后台系统的了解掩盖了头寸。

25.2.3 不要盲目地相信模型

一些金融机构的大笔金融损失是由模型及计算机系统的错误所造成。基德公司曾被自身的计算机系统愚弄，另外一个例子是国民西敏寺银行因使用错误模型而蒙受损失，这家银行错误的互换期权定价模型给银行带来了相当大的损失。

如果某家金融机构采用相对简单的交易策略而获得大笔盈利，那么有很大的可能性这家机构在计算盈利时所用的模型中存在问题，类似地，如果某家金融机构对于某个特定产品报价一直比其他同业竞争者报价要好，那么很有可能这家公司所采用的模型同其他市场参与者的模型会有所不同，这时这家机构应对自身的模型进行仔细分析，对于交易平台的主管来讲，赢得某一单项生意太多同赢得生意太少同样令人担忧。

25.2.4 以保守的方式记录起始盈利

当一家金融机构向一家非金融机构出售复杂的结构性产品时，产品的价格会与模型有直接的关系。例如，产品中如果包含期限较长的利率期权，这时产品价格会同所采用的利率模型有相当大的关系，这时市场上经常以按模型计价(marking to model)的方式来计算产品每天的价格变动，原因是在市场上找不到类似的产品来作为这些结构性产品的定价标准。

假定一家金融机构出售给客户某产品的价格比实际价格，或至少比模型价格高出 1 000 万美元，这里的 1 000 万美元被称为起始盈利(inception profit)。这一起始盈利应该在什么时刻被计入账户呢？对于这笔盈利的处理方法有多种多样，有些银行马上将这笔钱计为盈利，而一些其他银行会在合约期限内逐渐地将这笔收入计入盈利账户。

将起始盈利迅速计入盈利账户是一种非常危险的做法，这样做会鼓励交易员采用激进的模型，因为交易员会在挣得分红后，在模型以及交易价格受到严格审核之前选择离开银行。将起始盈利慢慢计入盈利账户是一种较好的做法，这样做会使得交易员在交易之前有动机去检测不同模型以及不同假设对于交易产品价格的不同影响。

25.2.5 不要向客户出售不适宜的产品

卖给客户不适宜的产品对于金融机构是很容易发生的事情，这种现象尤其在客户偏好某种风险时更为明显，但这么做是非常没有远见的。关于这一点最引人注目的实例是信孚银行(BT)在1994 年春天的一些交易行为，那时许多 BT 的客户被 BT 说服购买了许多高风险但对客户根本不

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

适宜的产品。一个典型产品会给客户提供较大机会节省几个基点的融资费用而同时有较小机会造成大笔费用的支出，这些产品在 1992～1993 年给 BT 许多客户带来了收益，但在 1994 年利率上涨时终于出现问题，这些问题最终对 BT 的公众形象产生了很大伤害。由于几个推销员的过分激进行为，BT 在多年内与企业客户之间所建立的信任以及它在同行中令人羡慕的衍生产品创新者形象被丢失殆尽。BT 不得不向客户付出大笔赔偿以试图在庭外解决法律纠纷，1999 年 BT 被德意志银行吞并。

25.2.6 不能忽略流通风险

金融工程师在对市场上交易不太活跃的特种产品定价时通常是基于市场上交易活跃的产品价格，例如：

- 金融工程师往往采用市场上交易活跃的政府债券，即指标债券(on the run bonds)来建立零息利率曲线，然后利用这些曲线来对交易不频繁的产品非指标债券(off the run bonds)进行定价。
- 金融工程师经常利用交易活跃的期权价格来计算隐含资产波动率，然后将这些波动率用于市场上不太活跃的产品定价之中。
- 金融工程师经常利用交易活跃的利率交易产品，例如利率上限及利率期权，求得利率变动的隐含信息，然后将这些信息用于计算复杂结构性产品的价格。

以上做法并不是不合理，但是假设市场交易不频繁的产品价格与其理论价格相同的做法可能会非常危险。当金融市场经历一种又一种的风波以后常常会发生“择优而栖”的现象，这时流通性对于投资者来讲变得非常重要，而流通性不好的产品只能以同其理论价格相比有很大折价的价格卖出。2007 年发生的金融危机就是由于市场当时对次贷按揭证券化信心的丧失。

LTCM 提供了一个流通风险的实例，这一实例在业界实例 2-2 中有所讨论。LTCM 采用的套利策略为收敛套利(convergence arbitrage)，在这种套利策略中需要识别两种债券(或债券组合)，这两种债券的理论价格应该一致，如果在市场上一种债券的价格较低，这时可以买入这种低价格债券而卖出高价格债券，这种套利的基本假设就是如果两个债券的理论价格一致，那么其市场价格在最终也一致。

在 1998 年夏天，LTCM 的损失巨大，其损失的主要原因是俄罗斯政府债券的违约造成了市场上安全投资转移现象的发生，LTCM 在交易中持有流通性差产品的长头寸而同时持有流通性好产品的短头寸(例如，LTCM 同时持有非指标债券的长头寸及指标债券的短头寸)。在俄罗斯债券违约后，流通性好的产品及流通性差的产品的差价急剧增大，LTCM 杠杆效应又极强，因此在蒙受损失的同时又伴随着追加抵押金的要求，这时 LTCM 已无法再满足承诺。

LTCM 的故事再一次强调了情形分析以及压力测试的重要性，通过这些分析我们可以看到最坏情形所对应的损失，LTCM 在决策过程中应该检验以前历史上所发生过的安全投资转移现象并以此来对自己面临的流通风险进行定量化检测。

25.2.7 当所有人都在做同样的交易时应倍加小心

有时市场上很多参与者会同时进行同样的交易，这种现象会造成危险的市场环境，这样的市场会产生大幅度振荡，这时流通黑洞的出现将使市场参与者蒙受巨大损失。

我们在第 17 章曾给出了一个实例，这一实例是关于资产组合保险策略及 1987 年 10 月的市场暴跌，在市场暴跌前的一个月，有越来越多的交易组合管理人以合成看跌期权的形式来对他们的资产组合进行保护，组合管理人在市场升值时买入股票或股票指数期货而在市场下跌时卖出股票或股票指数期货，这种策略会造成市场的不稳定，原因是市场一个较小的下跌会造成资产管理人抛出股票的热潮，这一热潮使得市场进一步下跌，从而进一步促成投资组合管理人抛售更多的股

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

票。毫无疑问如果没有投资组合保险策略的存在，1987 年 10 月股票的下跌也不会那么严重。

另外一个实例是 1998 年 LTCM 的损失。由于其他许多对冲基金也采用了同样的收敛套利策略，这使得的 LTCM 困境更是雪上加霜。由俄罗斯债券违约所造成的安全投资转移现象发生以后，LTCM 曾试图变卖自己的部分资产以满足抵押金的要求，不幸的是其他对冲基金也面临类似的问题，这些对冲基金也想做类似的交易，这进而使得市场情况更加恶化，流通差价变得比原来更大，同时使得安全投资转移现象更加严重。假设 LTCM 的头寸为美国国债，持有流通性差的非指标债券的长头寸以及流通性好的指标债券的短头寸，当“择优而栖”现象产生后两种债券的收益率的差价增大，LTCM 只有变卖其部分非指标债券并同时买入指标债券，其他对冲基金也在进行同样的交易，所有这些交易促成了指标债券价格相对于非指标债券价格继续上涨，以及两种债券收益率的差价比以往更大。

另外一个实例是关于 20 世纪 90 年代英国保险公司的损失。在 90 年代末，英国许多保险公司卖出了大量的保险合约，在这些保险合约中保险公司承诺投保者在退休时收到年金收益远高于市场上及其他锁定利息的产品，当时可能是迫于市场监管者的压力，所有保险公司都希望在市场上从金融机构那里买入长期限的利率互换以对冲自己面临的风险，同保险公司进行交易的金融机构决定买入长期英镑国债来对冲自己面临的风险，这债券的市场价格的上扬，利率的下降，这时市场需要更多的国债来维持动态对冲，因此长期英镑利率进一步下降。金融机构因长期利率的下降而蒙受损失，保险公司发现因为对冲自身面临的风险而使得自己的处境更为糟糕。

从这些故事中我们得到的主要教训是对于金融市场的整体认识至关重要。当市场许多参与者进行相似交易策略时我们应该对市场隐含的内在危机保持清醒的头脑。

25.2.8 不要用短期负债来支撑长期资产

如 4.8 节所述，金融机构应将自身的资产和负债进行匹配，做到这一点非常重要，如果没有做到，金融机构会面临巨大的利率风险。美国信贷（Savings and Loans，S&L）利用短期负债来支撑长期资产而造成了经营失败，大陆银行（Continental Bank）在 1984 年因为同样的错误也难逃厄运（见业界实例 4-3）。

在 2007 年信用紧缩开始之前，市场上有一种倾向，就是在次贷按揭和其他长期资产被打包成结构性产品之前，用商业票据（commercial paper）来进行融资（见第 8 章）。管道公司（Conduit）和其他特殊目的公司一直有这样的运作方式，商业票据每个月都进行延展，例如，买入 4 月 1 日发行的商业票据的投资人在 5 月 1 日所得赎回资金（即卖出 4 月 1 日发行的商业票据所得资金）将用于购买 5 月 1 日发行的商业票据；并依此类推，即买入 5 月 1 日发行的商业票据的投资人在 6 月 1 日所得赎回资金将用于购买 6 月 1 日发行的商业票据，等等。当投资人在 2007 年 8 月失去对次级债券的信心时，这些商业票据无法再延展，在多数情况下，银行必须提供担保和融资保证，这就造成了流动性短缺。正是由于长期资产的融资处于这种安排下，信用紧缩才这么严重。

25.2.9 市场透明度

2007 年的信用紧缩给我们的一个教训是，市场透明度十分重要。在 2007 年危机以前，投资人热衷于结构产品交易，但实际上他们对标的资产并不了解，其仅有的信息是交易产品的信用评级。现在回头看，可以说投资人对标的资产应该寻求更多的信息，同时对自身承担的风险应进行谨慎分析。

2007 年 8 月，因为次贷违约，对于所有结构产品，投资人均失去了的信心，造成了市场的崩溃，份额结构资产的出售价格远远低于其理论价格，市场出现了“择优而栖”现象，信用溢差也激增。如果市场具有良好的透明度，投资人确实对自身买入的资产抵押证券有所了解，即使市场会

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

出现次贷损失，“择优而栖”现象以及市场所受到的冲击也不会这么严重。

25.2.10 管理薪酬机制

2007～2008 年的金融危机值得借鉴的一方面就是激励机制的重要性。银行薪酬制度似乎更侧重短期绩效，有的金融机构已经开始实施变革，其中薪酬取决于长期的绩效表现，例如用 5 年业绩来衡量绩效而不是 1 年。这样做有显而易见的优点，即不鼓励交易员从事短期看来会盈利但若干年后会有大额亏损的交易。

当贷款证券化时，重要的一点在于如何保证贷款发放者的利益和最终风险承担者(即投资方)的利益一致。如果能做到这一点，贷款发放者就有动力来管理贷款的风险，监管机构可以做的就是要求贷款组合发放者对贷款派生出来的所有份额以及其他产品都持有一定的头寸。

25.2.11 绝不要忽略风险管理

在年景好的时候，人们常常认为好时光会继续，而且忽略压力测试的结果以及风险管理部门的分析。有很多关于风险管理不受重视的故事发生在 2007 年危机之前，花旗银行的总裁查克·普林斯曾在 2007 年 7 月说(正值危机发生之前)：

> 当音乐停止时(即流动性突然消失时)，事情会变得很复杂，但是只要音乐还在播放，你不得不翩翩起舞，我们现在仍在跳舞。

普林斯先生后来丢了饭碗，并且花旗因信用危机损失超过 500 亿美元。

25.3 非金融机构应吸取的教训

我们现在讨论非金融机构从这些损失中应吸取的教训。

25.3.1 理解你的交易目的

企业应该永远不去做自己不理解的交易或采用自己不理解的交易策略。尽管这听起来好像十分明显，但我们会吃惊地发现常常在一些非金融机构遭受巨大损失之后，交易员会承认自己并不理解所做的交易，并声称投资损失是由于投资银行的误导所至。奥兰治县的资金主管西特仑就是其中一员，还有哈默史密斯和富勒姆的交易员，虽然他们的交易量巨大，但他们对于利率互换及其他利率衍生品的知识是惊人的缺乏。

如果一个企业的高管对于下级所提出的交易不理解，那么这个交易也不应该被任命。一个简单规则是如果一个交易的结构和做此交易的原因是如此复杂以至于管理人员都不能理解，这时我们基本可以确定这一交易对企业是不合适的。采用这一规则，宝洁公司的交易一定会得到否决。

保证彻底理解一个金融产品的方式是对这一产品进行定价，如果一个企业没有内部力量去对某产品进行定价，那么企业不应该交易这种产品。在实践中企业常常依赖投资银行所给出的关于价格的建议，这样做是很危险的。宝洁公司的案例就说明了这一点，当企业想对交易进行平仓时，产品的价格是由信孚银行的特有模型计算所得，这种做法不可能提供价格的任何检验。

25.3.2 保证对冲者不要成为投机者

生活中一个不幸的事实是：对冲相对来讲缺乏悬念，而投机行为却激动人心。当一家公司雇用了一交易员来管理其外汇、商品以及利率风险时，以下的危险现象可能会产生：在最初时交易员工作勤奋，并赢得了公司高管的信任，这时他会对公司的风险暴露进行评估并采取对冲措施。但随着时间的推移，交易员逐渐确信他自己可以把握市场，并渐渐地变成投机者，在刚刚开始投

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

机时，他可能一切顺利，但不久产生了交易损失，为了掩盖损失，交易员会将交易量加倍来进行赌博，进而又可能触发更大的损失，久而久之交易员行为可能会造成重大金融损失。

就像我们以前讨论的那样，风险额度一定要由高管来事先确定，对于额度的实施要设定一定的控制环节，企业在进行交易之前要对自身面临的外汇、利率、商品等风险做一个分析，交易决策是为了保证将风险控制在一定的可接受范围内，企业的交易与企业风险暴露的脱节是出现问题的明显前兆。

25.3.3 要警惕将资金部门变成盈利中心

在过去的20年有一种将公司的资金部门转换为一个盈利中心的趋势，这么做看来有一定好处，资金部门有动力去减少融资费用并且尽可能提高自身的风险盈利，问题是资金部门所能取得的盈利是有限的，在进行融资或者将额外资金进行投资时，资金部门主管所面临的是一个有效市场，资金部门只有在承担更大风险的前提上才能改善自身的管理底线(即降低融资成本)，公司的对冲项目可以给资金部门主管采取敏锐行动并因而提高盈利的机会，但我们应该记住对冲的目的是为了减少风险而不是增加预期盈利，采用对冲决策后产生更糟糕结果的次数只是采用不对冲决策产生更糟糕结果次数的50%，因此将资金部门变为交易中心的危险是使得资金部门(主管)成为投机者，因此像奥兰治县及宝洁公司的现象也就容易产生。

小结

衍生产品应用所带来的损失使得许多企业的资金部门感到很不安。自1994～1995年重大损失之后，有些非金融机构宣布减少甚至取消衍生产品的应用，这种做法非常不幸，因为衍生产品确实是资金部门管理风险的有力工具。

如第1章指出的那样，所有这些损失说明一点：衍生产品可以用于对冲，也可以用于投机；衍生产品可以用于降低风险同时亦可以用于增加风险。大多损失的产生是由于衍生产品没有被妥善应用。本来代表公司做避险对冲交易的管理人员决定进行投机，往往会导致损失的发生。

我们从这些损失得出一个重要借鉴是内部控制的重要性。交易员的风险额度、采用的模型以及不同业务的数量都应在控制之下，在进行情形分析时，一定要将思路放宽(think outside the box)，LTCM和安然的对手银行及其他许多金融机构没有能做到这一点，其后果十分严重。

推荐阅读

Dunbar, N. *Inventing Money: The Story of Long-Term Capital Management and the Legends Behind It*. Chichester, UK: Wiley, 2000.

Jorion, P. *Big Bets Gone Bad: Derivatives and Bankruptcy in Orange County*. New York: Academic Press, 1995.

Jorion, P. "How Long-Term Lost Its Capital," (September 1999).

Ju, X., and N. Pearson. "Using Value at Risk to Control Risk Taking: How Wrong Can You Be?" *Journal of Risk*, 1 (1999): 5–36.

Persaud, A. D. (ed.) *Liquidity Black Holes: Understanding, Quantifying and Managing Financial Liquidity Risk*. London, Risk Books, 2003.

Sorkin, A. R., *Too Big to Fail*. New York: Penguin, 2009.

Tett, G. *Fool's Gold: How the Bold Dream of a Small Tribe at J. P. Morgan Was Corrupted by Wall Street Greed and Unleashed a Catastrophe*. New York: Free Press, 2009.

Thomson, R. *Apocalypse Roulette: The Lethal World of Derivatives*. London: Macmillan, 1998.

Zhang, P. G. *Barings, Bankruptcy and Financial Derivatives*. Singapore: World Scientific Publishing, 1995.

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

测验题答案

第 1 章

1.1 期货长头寸的持有者同意在将来某确定时刻以某固定价格买入标的资产；而期货短头寸的持有者同意在将来某确定时刻以某固定价格卖出标的资产。

1.2 如果公司对于某资产价格具有风险敞口，并通过期货或期权产品来抵消这一风险暴露，公司的行为被称为对冲。在投机交易中，公司没有需要被对冲的风险暴露，这时公司是对于资产价格的未来走向进行下赌。套利包括同时进入两种交易或更多交易来锁定无风险盈利。

1.3 (a)在期货合约中，投资者有义务以 50 美元买入资产，他没有其他选择。(b)在期权合约中，投资者有权利以 50 美元买入资产，但不一定要行使期权。

1.4 (a)投资者有义务在每英镑价格为 1.690 0 美元时，以每英镑 1.700 0 美元的价格卖出英镑。收益为(1.700 0 - 1.690 0) ×100 000 = 1 000 美元。

(b) 投资者有义务在每英镑价格为 1.700 0 美元时，以每英镑 1.7200 美元的价格卖出英镑。损失为(1.720 0 - 1.700 0) ×100 000 = 2 000 美元。

1.5 你已经卖出了看跌期权。如果合约的另一方选择行使期权，即以 40 美元价格卖出 100 股股票，这时你必须同意以这一价格买入 100 股股票。只有股票价格低于 40 美元时，期权才会被行使。假定期权在股票价格为 30 美元时被行使，你的损失为每股 10 美元，总损失为 1 000美元；假定期权在股票价格为 20 美元时被行使，你的损失为每股 20 美元，总损失为 2 000美元。最差的情形为在 3 个月内股票价格几乎跌为 0，这种几乎不可能的事件将使你损失 4 000 美元。作为回报，你从期权购买者处收到期权费。

1.6 一种策略为买入 200 股股票，另一种策略为买入 2 000 个单位期权(即 20 份合约)。如果股价走势良好，第 2 种策略收益将更大。例如，如果股票价格升至 40 美元，第 2 种策略的收益为[2 000 × (40 - 30)] - 5 800 = 14 200 美元，第 1 种策略的收益为[200 × (40 - 29)] = 2 200美元。但是，当股价走势不好时，第 2 种策略损失会更大。例如，如果股票价格跌至 25 美元，第 1 种策略的损失为[200 × (29 - 25)] = 800 美元，第 2 种策略的损失为全部的 5 800 美元。

1.7 场外交易是由电话及计算机将金融机构资金经理及企业资金管理人结合在一起的网络系统，在这种网络系统中，有需求的交易双方能够达成令双方均满意的协议，交易所交易市场是由交易所组织的市场，在交易市场中交易员或者见面或进行电话交流，市场交易的产品由交易所定义。(a)场外交易(OTC)；(b)交易所交易；(c)两者均可；(d) 场外交易；(e) 场外交易。

第 2 章

2.1 在任意给定时刻，期货合约的空盘量为流通在外的合约长头寸数量的总和(它也等于流通在外短头寸的总和)。一段时间内的交易量是指这一段时间内交易合约的总量。

2.2 佣金经纪人执行其他人的指令并收取佣金；自营经纪人以自身账户中的资金进行交易。

2.3 保证金账户损失 1 000 美元时会导致保证金催付。这种情况发生在白银价格上升增量为

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

1 000/5 000 = 0.20 美元的情形。因此，只有在白银价格升至每盎司 17.40 美元时才会导致保证金催付。如果你不追加保证金，你的经纪人会将你的头寸进行平仓。

2.4 总盈利为(70.50 − 68.30) × 1 000 = 2 200 美元，其中(69.10 − 18.30) × 1 000 = 800 美元为 2010 年 9 月至 2010 年 12 月 31 日每天逐日实现，另外的(70.50 − 19.10) × 1 000 = 1 400 美元为 2011 年 1 月 1 日至 2011 年 3 月每天逐日实现。对冲者在 2011 年被征税，征税总额为全部盈利 2 200 美元；投机者在 2010 年和 2011 年都应被征税，征税额分别为 800 美元及 1 400美元。

2.5 以 2 美元的价格出售的止损指令的含义如下：在 2 美元或更低的价格出现时，就应以可获得的最佳价格出售，止损指令的目的是在不利价格产生后对长头寸进行平仓，以控制损失的幅度。以 2 美元的价格出售的限价指令的含义如下：当 2 美元或更高的价格出现时，就应以可获得的最佳价格出售，该指令可用于经纪人建立卖空头寸。

2.6 清算中心管理的保证金账户每天要进行市场定价结算。清算中心成员每天需将账户恢复到初始保证金水平。而经纪人管理的账户每天也要进行市场定价结算，但是这一账户并非每天都要恢复到初始保证金水平。当余额跌至保证金之下时，它才应被恢复在初始保证金的水平。通常，维持保证金为初始保证金的 75%。

2.7 外汇期货市场是以每单位外币所对应的美元来进行报价；对于即期汇率和远期合约汇率，英镑、欧元、澳元及新西兰元的报价也是以这种方式来进行报价，而其他主要货币，即期汇率和远期合约汇率的报价是以 1 美元所采用的外币数量来进行报价。

第 3 章

3.1 短头寸对冲适用于拥有了某种资产并期望在将来某时刻卖出资产的情形，当某公司现在并不拥有资产，但在将来某时刻将会拥有资产时也可以选择短头寸对冲；长头寸对冲适用于在将来某时刻需要买入资产的情形，长头寸可用于管理现存的卖空头寸。

3.2 基差风险源于对冲者对于对冲到期时现货价格与期货价格差异的不确定性。

3.3 完美对冲可以完全消除对冲者的风险，完美对冲的效果并不一定比不完美对冲的效果更好，只是完美对冲的结果更为确定。考虑一家公司，该公司对于某项资产价格有风险暴露。假设最终的资产价格对于公司有利，完美对冲使得公司从有利的价格变动的收益被完全抵消，而不完美对冲使得公司的收益被部分抵消，这时不完美对冲的效果更好。

3.4 当期货价格变动与被对冲资产价格的相关系数为 0 时，最小方差对冲组合没有任何对冲效果。

3.5 a. 如果公司的竞争者不采用对冲，资金部主管也许会认为自身不采用对冲公司面临风险会更好(见表 3-1)。

b. 股东可能不希望公司进行对冲。

c. 如果对冲给公司带来了损失，但风险暴露本身却给公司带来了收益，资金部主管发现自身很难向公司内部其他高管对于对冲行为做出合理解释。

3.6 最佳对冲比率为

$$0.8 \times \frac{0.65}{0.81} = 0.642$$

这意味着 3 个月期的对冲期货头寸的规模为风险暴露规模的 64.2%。

3.7 卖出合约的数量为

$$1.2 \times \frac{20\ 000\ 000}{1\ 080 \times 250} = 88.9$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

近似到最近的整数，卖出合约的数量为 89。如果将值降至 0.6，卖出合约的数量为以上数量的一半，即应卖出 44 个合约。

第 4 章

4.1 (a)连续复利利率为

$$4\ln\left(1+\frac{0.14}{4}\right)=0.1376$$

即每年 13.76%。

(b) 每年复利一次的利率为

$$\left(1+\frac{0.14}{4}\right)^4-1=0.1475$$

即每年 14.75%。

4.2 LIBOR 代表伦敦银行同业拆出利率，也就是说银行同意用此利率将资金存入其他银行。LIBID代表伦敦银行同业拆入利率，即银行同意其他银行以 LIBID 利率将资金存入自己的银行。LIBOR 稍高于 LIBID。

4.3 假定债券面值为 100 美元，其价格等于所有现金流在 10.4% 利率下的贴现值，因此债券价值为

$$\frac{4}{1.052}+\frac{4}{1.052^2}+\frac{104}{1.052^3}=96.74$$

假定第 18 个月期所对应的零息利率为 R，以下等式成立

$$\frac{4}{1.05}+\frac{4}{1.05^2}+\frac{104}{(1+R/2)^3}=96.74$$

以上方程的解为 $R=10.42\%$。

4.4 (a)按每年复利一次计量，回报率为 1 100/1 000 − 1 = 10%，

(b)按每半年复利一次计量，假定收益率为 R，因此，

$$1\ 000\left(1+\frac{R}{2}\right)^2=1\ 100$$

$$1+\frac{R}{2}=\sqrt{1.1}=1.048\ 8$$

因此，$R=9.76\%$，即收益率为 9.76%。

(c) 按每月复利一次计量，假定收益率为 R，因此，

$$1\ 000\left(1+\frac{R}{12}\right)^{12}=1\ 100$$

$$\left(1+\frac{R}{12}\right)=\sqrt[12]{1.1}=1.007\ 97$$

因此，$R=9.57\%$，即收益率为 9.57%。

(d) 以连续复利计量，假定收益率为 R，因此，

$$1\ 000e^R=1\ 100$$

$$e^R=1.1$$

因此，$R=\ln 1.1=9.53\%$，即收益率为 9.53%。

4.5 第 2 季度、第 3 季度、第 4 季度、第 5 季度及第 6 季度的连续复利的远期利率分别为 8.4%、8.8%、8.8%、9.0% 及 9.2%。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

4.6 按连续复利计量的远期利率为9.0%，按每季度复利为9.102%。由式(4-9)得出，FRA 的价格为

$$[1\,000\,000 \times 0.25 \times (0.095 - 0.09102)]e^{-0.086 \times 1.25} = 893.56$$

即893.56美元。

4.7 当利率结构为上坡型时，$c > a > b$，当利率结构为下坡型时，$b > a > c$。

第5章

5.1 投资者的经纪人将从其他客户的账户借出股票，并按通常方式将股票出售。为了对卖空股票进行平仓，投资者必须购买股票，然后通过经纪人将股票归还给借出股票的客户。有时，经纪人无法继续借出股票，此时投资者会受到卖空挤压，并不得不立即将交易进行平仓。

5.2 今天的资产远期价格是你同意在将来某时刻买入或卖出资产的价格。当刚刚签署远期合约时，远期合约价值为0。随着时间的推移，标的资产价格会有所变化，远期合约价值可能变为正值或者负值。

5.3 远期价格为

$$30e^{0.12 \times 0.5} = 31.86 \text{ 美元}$$

5.4 期货价格为

$$350e^{(0.08-0.04) \times 0.333} = 354.7 \text{ 美元}$$

5.5 黄金是一种投资资产。如果期货价格太高，增加黄金持有头寸同时卖出期货合约将会产生套利机会；如果期货价格太低，减少黄金持有头寸同时买入期货合约将会产生套利机会。黄铜是一种消费资产。如果期货价格太高，买入黄铜同时卖出期货的策略将盈利。但是在市场上并非有大量的投资者持有该资产，卖出黄铜同时买入期货不可行。因此黄铜期货的价格有上限而无下限。

5.6 便利收益率衡量了持有资产实物与持有期货相比所带来的好处的大小。持有成本等于利息成本加上储存成本再减去资本的收入。期货价格 F_0 与现货价格 S_0 之间的关系式为

$$F_0 = S_0 e^{(c-y)T}$$

式中，c 为持有成本，y 为便利收益，T 为期货的期限。

5.7 外汇提供确定的收益，但利息以外币支付。因此，外汇提供的收入的本币价值可以是外币价值的一定比率，这意味着外币收入具有已知收益率的性质。

第6章

6.1 2011年7月7日与2011年8月9日之间共有33天，2011年7月7日与2012年1月7日之间共有184天。因此，100美元的本金获得的利息为3.5×33/184=0.6277美元。对于公司债券而言，我们假设2011年8月9日与2012年1月7日之间有32天，2011年7月7日与2012年1月7日之间有180天。因此，获得的利息为3.5×32/180=0.622 2美元。

6.2 2012年10月12日与2013年1月9日之间共有89天，2012年10月12日与2013年4月12日之间共有182天。债券的现金价格等于报价加上应计利息。报价为102.218 75，因此现金价格为

$$102.218\,75 + \frac{89}{182} \times 6 = 105.15 \text{ 美元}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

6.3 债券的转换因子等于在假定所有期限的利率均为6%的前提下，在交割月份的第1天具有1元本金的债券的价格。为了便于计算，债券的期限及券息支付日的期限被取整到最近的3个月。转换因子定义为期货短头寸方在债券被交割时收到的价格。如果转换因子为1.2345，投资者收入等于最近的期货价格乘以1.2345加上应计利息。

6.4 欧洲美元期货价格增加6个基点，投资者从每份合约中的获利为 $25\times6=150$ 美元，总收入为300美元。

6.5 假定欧洲美元期货报价为95.00，该期货给出的期货合约3个月的期货利率为5%。凸率调整是为了估计同一期限的远期利率需要从期货利率扣减的数量。进行凸率调整非常有必要，这是因为以下原因：(a)期货合约每天进行结算；(b)期货合约在期货合约期限的最后进行交割，而远期合约在利息的结清日进行交割。

6.6 久期给出了关于收益率曲线的小幅度平移对债券组合价值带来的影响。债券组合价值减少的百分比等于组合的久期乘以小幅度利率平移上升的数量。久期的局限性在于它只适应于收益率曲线的小幅度平行移动。

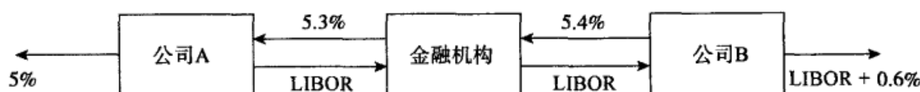
6.7 一份合约的价值为 $100\frac{15}{32}\times1\,000=108\,468.75$ 美元。应该卖出合约的数量为

$$\frac{6\,000\,000}{108\,468.75}\times\frac{8.2}{7.6}=59.7$$

近似为最近的整数，应卖出的合约数量为60。头寸应在7月底平仓。

第7章

7.1 公司A在固定利率市场上有明显的比较优势，但该公司希望借入浮动利率资金。公司B在浮动利率市场上具有明显的比较优势，但该公司希望借入固定利率资金。这种不同的比较优势为互换交易提供了基础。两家公司所能获得的固定利率间存在年率1.4%的差异，而在浮动利率市场上所能获得的利率存在年率0.5%的差异。因此两家公司从互换中获得的总收益为1.4% −0.5% =0.9%。因金融机构从中获取收益为年率0.1%，互换使得两家公司的成本分别降低了0.4%。这意味着公司A的借款成本为LIBOR −0.3%，公司B的借款成本为6%。下图显示了互换交易。



7.2 在4个月时将收到350万美元($=0.5\times0.07\times1$ 亿美元)，并同时支付230万美元($=0.5\times0.046\times1$ 亿美元)(此时我们忽略天数计量惯例)。在10个月后将收到350万美元，并同时支付4个月后的LIBOR利率。互换中的固定利率债券价值为：

$$3.5e^{-0.05\times4/12}+103.5e^{-0.05\times10/12}=102.718(\text{百万美元})$$

互换中的浮动利率债券价值为

$$(100+2.3)e^{-0.05\times4/12}=100.609(\text{百万美元})$$

对于支付浮动利率的一方来讲，互换的价值为 $102.718-100.609=2.109$ (百万美元)。对于支付固定利率的一方来讲，互换的价值为 −210.9万美元。将互换分解为远期合约，我们同样可以计算出互换的价值。首先考虑支付浮动利率方，第1份远期合约在4个月后支付230万美元，并同时收到350万美元的合约，其价值为 $120e^{-0.05\times4/12}=118$ 万美元。在计算第2份远期合约价值时，我们首先须将连续复利的利率5%转换为按半年计复利利率，转换后的

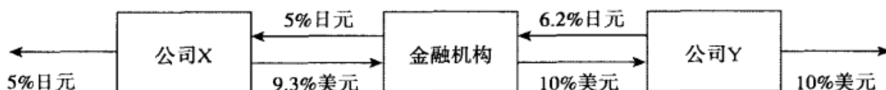
全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

利率为年率5.063%，因此远期合约价值为

$$100\times(0.7\times0.5-0.050\ 632\ 54\times0.5)e^{-0.5\times10/12}=92.9\ 万美元$$

因此，互换合约的总价值为118+92.9=210.9万美元。

7.3 公司X在日元市场中具有比较优势，但该公司希望借入美元。公司Y在美元市场中具有比较优势，但该公司希望借入日元。这种不同的比较优势为互换提供了基础。两家公司获得的日元利率间存在年率1.5%的差异，而美元利率差异为年率0.4%。因此两家公司从互换中获得总收益为1.5% -0.4% =1.1%。金融机构要求的收费率为年率0.5%，两家公司各自可以减少其利率费用0.3%。互换使得公司X以每年9.6% -0.3% =9.3%的利率借入美元，同时使得公司Y以每年6.5% -0.3% =6.2%的利率借入日元。下图显示了互换交易。这里所有的外汇风险均由银行来承担。



7.4 某一期限的互换利率是在标准简单利率互换中，做市商报出的与LIBOR交换的固定利率买入价与卖出价的平均值。不同国家的标准互换中采用的支付频率和天数计量惯例各不相同。在美国，标准互换每半年进行一次，LIBOR的报价天数计量惯例为"实际天数/360"，固定利率报价则采用"实际天数/365"。对应于某一特定期限的互换利率为这一期限的LIBOR/互换平价收益率。

7.5 互换包括将英镑利息2 000×0.10=200万换成美元利息3 000×0.06=180万，在互换到期时还须交换本金。互换中英镑债券的价值为：

$$\frac{2}{1.07^{1/4}}+\frac{22}{1.07^{5/4}}=2\ 218.2\ 万英镑$$

互换中美元债券的价值为：

$$\frac{1.8}{1.04^{1/4}}+\frac{31.8}{1.04^{5/4}}=3\ 206.1\ 万美元$$

对于支付英镑方来讲，互换的价值为3 206.1 -(2 118.2×1.85) = -897.6万美元；对于支付美元方来讲，互换的价值为+897.6万美元。这一结果也可以通过将互换看做远期合约的交易组合来求得。按连续复利计的英镑利率和美元利率分别为年率6.766%和年率3.922%。3个月和15个月的远期汇率为：

$$1.85e^{-(0.039\ 22-0.067\ 66)\times0.25}=1.8369\ 及\ 1.85e^{-(0.039\ 22-0.067\ 66)\times1.25}=1.7854$$

对于支付英镑的一方来讲，与利息交换相对应的两份远期合约的价值分别为：

$$(1.8-2\times1.8369)e^{-0.039\ 22\times0.25}=-185.5\ 万美元$$

$$(1.8-2\times1.7854)e^{-0.039\ 22\times1.25}=-168.6\ 万美元$$

与本金交换相对应的远期合约价值为：

$$(30-20\times1.7854)e^{-0.03922\times1.25}=-543.5\ 万美元$$

互换的总价值为 -185.5 -168.8 -534.5 = -897.6万美元。

7.6 信用风险来自于交易对手违约的可能性。市场风险来自于利率、汇率等市场变量的波动性。比较复杂的一点是互换中信用风险的大小与市场变量的变化有关。一家公司的互换只有在该互换对于公司有正价值时才会产生信用风险。

7.7 这一利率并非真正的固定利率，这是因为如果公司的信用等级下降，它将不能继续以LIBOR加上150个基点的浮动利率借入资金。这时公司能得到的固定利率将上升。例如，假定公

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

司所获得的高于 LIBOR 之上的差价从 150 个基点上升为 200 个基点，公司的借款利率将从 5.2% 上升到 5.7%。

第 8 章

8.1 GNMA 为合格的按揭提供违约担保，并派生出证券出售给投资人。

8.2 ABS 是由按揭或其他资产组合派生出来的一系列份额。ABS CDO 是由某些不同 ABS 的份额（比如 BBB 份额）派生出来的 ABS。

8.3 ABS 中间层份额是评级位于当中的一个份额，其评级比高级份额要低，所以在高级份额之前承担损失；评级比股权级要高，所以在股权级之后承担损失。

8.4 ABS 中的瀑布式现金流定义了标的资产产生的现金流是如何被分配到各个份额中。在一个典型的合约中，现金流最先被用于支付高级份额所承诺的回报；如果有多余的现金，会被用来支付中间层所承诺的回报；最后剩余的现金都用于支付股权级份额。

8.5

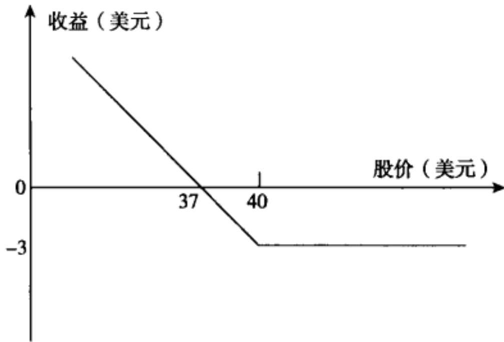
标的资产损失	ABS 中间层份额损失	ABS CDO 股权级份额损失	ABS CDO 中间层份额损失	ABS CDO 高级份额损失
12%	46.7%	100%	100%	17.9%
15%	66.7%	100%	100%	48.7%

8.6 次级贷款按揭的违约风险比一般的按揭要高。

8.7 房价的增加不会持续。

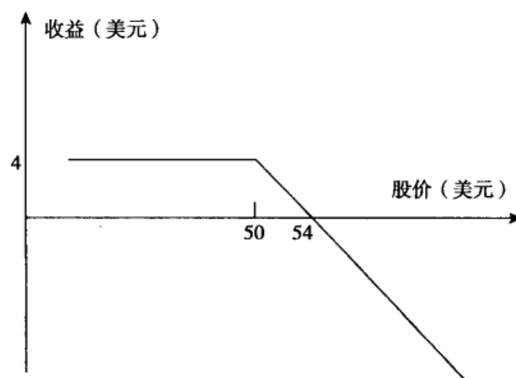
第 9 章

9.1 如果在到期日股票价格低于 37 美元，投资者将获得收益。此时，行使期权而获得的收益高于 3 美元。如果在到期日股票价格低于 40 美元，期权就会被行使。下图显示了投资者的收益随股票价格变化的情况。



9.2 如果在到期日股票价格低于 54 美元，投资者将获得收益；如果在到期日股票价格低于 50 美元，期权将不会被行使，投资者将获得利润 4 美元；如果在到期日股票价格介于 50～54 美元，期权将被行使，投资者的利润介于 0～4 美元之间。下图显示了投资者的收益随股票价格变化的情况。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net



9.3 投资者的收益为：$-\max(S_T-K, 0)+\max(K-S_T, 0)$，即无论在何种情况下投资者的收益均为 $K-S_T$。投资者的头寸与行使价格为 K 的远期合约短头寸等同。

9.4 当投资者买入期权时，他必须首先支付现金，在将来投资者不会有负债，因此投资者不需要缴纳任何保证金。当投资者卖出期权时，投资者在将来有负债的可能，为了避免风险，经纪人要求投资者缴纳保证金。

9.5 在4月1日，交易期权的到期月份包括4月、5月、8月和11月。在5月30日，交易期权的到期月份包括6月、7月、8月和11月。

9.6 行使价格将被降至30美元，期权给其持有者购买两倍股票数量的权利。

9.7 当员工行使雇员股票期权时，公司增发新股并以行使价格卖给员工，这会增加公司的股票数量并改变其资本结构。

第10章

10.1 影响股票期权价格的6个因素是：股票价格、行使价格、无风险利率、波动率、期限和股息。

10.2 期权价格下限为：$28-25e^{-0.08\times0.3333}=3.66$ 美元。

10.3 期权价格下限为：$15e^{-0.06\times0.0833}-12=2.93$ 美元。

10.4 推迟行使期权可以推迟对行使价格的支付。这意味着期权持有者可以在更长的时间内获取行使价格带来的利息。推迟行使期权还可以为在到期日股票价格跌至行使价格之下的情形提供保险。假设期权持有者拥有数量为 K 的现金，并且假定利率为零。提前行使意味着在到期日时期权持有者的头寸价值为 S_T，推迟行使期权意味着期权持有者头寸在到期日的价值为 $\max(K, S_T)$。

10.5 美式看跌期权在与标的股票被同时持有时，它提供了一份保险。该期权保证股票能够以行使价格 K 被出售。如果看跌期权被提前行使，这一保险就会马上失效。但是，期权持有者可以立刻获得行使价格并可以获得自行使期权时刻起与期权到期之间的利息。

10.6 美式看涨期权可以在任何时刻被行使。如果期权被行使，持有者可以获得期权的内涵价值。由此我们知道美式看涨期权的价值必定不会低于其内涵价值。欧式看涨期权的价值可能会低于其内涵价值。例如，一只股票将在期权有效期内发放高额股息，由于股息的影响，股票价格将下跌。而欧式期权只能在股息发放后行使，因此欧式期权价值可能低于其内涵价值。

10.7 $c=1$，$T=0.25$，$S_0=19$，$K=20$，$r=0.04$。由看跌－看涨期权平价关系式 $p=c+Ke^{-rT}-$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

S_0得出 $p=1+20e^{-0.04\times0.25}-19=1.80$，即欧式看跌期权价格为 1.80 美元。

第 11 章

11.1 有保护的看跌期权是由一个看跌期权长头寸和一个标的资产长头寸组合而成。它等同于一个看涨期权长头寸加上一定数量的现金。这是由于看跌－看涨期权平价关系式

$$p+S_0=c+Ke^{-rT}+D$$

11.2 熊市差价可以由两个具有相同期限和不同行使价格的看涨期权组合而成。投资者出售行使价格较低的看涨期权并同时买入行使价格较高的看涨期权。熊市差价也可以由两个具有相同期限和不同行使价格的看跌期权组合而成。此时，投资者出售行使价格较低的看跌期权并同时买入行使价格较高的看跌期权。

11.3 蝶式差价是由三个不同行使价格（K_1，K_2，K_3）的期权头寸组合而成。当投资者认为标的股票价格很可能会处于中间行使价格 K_2 附近时，他应当买入蝶式差价。

11.4 一个投资者可以通过以下形式来构造出蝶式差价：分别买入行使价格为 15 美元和 20 美元的看涨期权，并同时卖出两个行使价格为 17.50 美元的看涨期权。投资者的初始投资为 $(4+0.5)-(2\times2)=0.5$ 美元。下表显示了最终股票价格与收益之间的关系：

股票价格 S_T	收 益
$S_T<15$	-0.5
$15<S_T<17.5$	$(S_T-15)-0.5$
$17.5<S_T<20$	$(20-S_T)-0.5$
$S_T>20$	-0.5

11.5 倒置日历差价可以通过买入期限较短的期权并卖出具有相同行使价格但期限较长的期权来构造。

11.6 跨式期权及异价跨式期权均由看涨期权的长头寸和看跌期权的长头寸来构成。在跨式期权中，两个期权具有相同的行使价格和期限；而在异价跨式期权中，期权具有相同的到期日，但具有不同的行使价格。

11.7 异价跨式期权可由同时买入两个期权来构建。其损益状况如下：

股票价格 S_T	收 益
$S_T<45$	$(45-S_T)-5$
$45<S_T<50$	-5
$S_T>50$	$(S_T-50)-5$

第 12 章

12.1 考虑以下交易组合：

-1：看涨期权

$+\Delta$：股票

如果股票价格上升到 42 美元，组合价值为 $42\Delta-3$。如果股票价格下降到 38 美元，组合价值为 38Δ。当

$$42\Delta-3=38\Delta$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

即 $\Delta=0.75$ 时，对应两种情况，组合价值相等。此时，1 个月后的组合价值为 28.5。组合当前价值为 28.5 美元的贴现值，即 $28.5e^{-0.08\times0.08333}=28.31$。这意味着

$$-f+40\Delta=28.31$$

式中，f 为看涨期权价格。由于 $\Delta=0.75$，我们得出看涨期权价格为 $40\times0.75-28.31=1.69$ 美元。在另外一种方法，我们需要计算风险中性世界中价格上升的概率 p 。p 满足以下关系式

$$42p+38(1-p)=40e^{0.08\times0.08333}$$

即 $p=0.5669$。此时期权价值等于期望收益以风险利率贴现值：

$$[3\times0.5669+0\times0.4331]e^{-0.08\times0.08333}=1.69$$

以上结果与前一种方法的计算结果相同。

12.2 在无套利定价方法中，我们设定一个由期权及股票构成的无风险组合。通过令这一组合的收益率等于无风险利率，我们可以为期权进行定价。在风险中性定价方法中，我们首先计算出二叉树上每个分支的概率，这时期权的期望收益率等于无风险利率。然后通过计算期权的期望收益并按无风险利率进行贴现，可以求得期权的价值。

12.3 股票期权的 Delta 检测了当股票价格产生微小变化时，期权价格对于股票价格变化的敏感度，其准确定义为期权价格变化与相应的股票价格变化的比率。

12.4 考虑以下交易组合：

-1：看涨期权

$+\Delta$：股票

如果股票价格上升到 55 美元，组合价值为 55 。如果股票价格下降到 45 美元，组合价值为 $45\Delta-5$。当 $45\Delta-5=55\Delta$，即 $\Delta=-0.50$ 时，在两种情况下，组合价值相等。此时，1 个月后的组合价值为 -27.5。其当前的价值等于 -27.5 的贴现值，即 $-27.5e^{-0.1\times0.5}=-26.16$美元。这意味着

$$-f+50\Delta=-26.16$$

式中，f 为看跌期权价格。由于 $\Delta=-0.50$，我们得出看跌期权价格为 1.16 美元。采用另一种方法，我们需要计算出在风险中性世界中价格上升的概率 p ，p 满足：

$$55p+45(1-p)=50e^{0.1\times0.5}$$

因此 $p=0.7564$。此时期权价值等于按无风险利率折现后的期望收益：

$$[0\times0.7564+5\times0.2436]e^{-0.1\times0.5}=1.16 \text{ 美元}$$

以上结果与前一种方法计算出的结果相同。

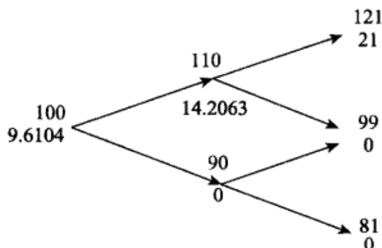
12.5 这时，$u=1.10$，$d=0.90$，$\Delta t=0.5$，$r=0.08$ ，因此

$$p=\frac{e^{0.08\times0.5}-0.90}{1.10-0.90}=0.7041$$

股票价格变动如下图所示，我们从树的末端向前递推，得到期权价值为 9.61 美元。期权价值也可直接由式(12-10)得到

$$[0.7041^2\times21+2\times0.7041\times0.2959\times0+0.2959^2\times0]e^{-2\times0.08\times0.5}=9.61$$

即 9.61 美元。

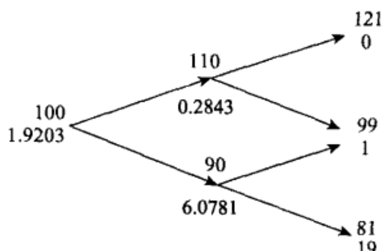


全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

12.6 下图显示出我们利用测验题12.5中的树形为看跌期权定价的过程。期权价值为1.92美元。期权价值也可直接由式(12-10)得到：

$$e^{-2\times0.08\times0.5}[0.7041^2\times0+2\times0.7041\times0.2959\times1+0.2959^2\times19]=1.92$$

即1.92美元。股票价格加上看跌期权价格为100+1.92=101.92美元。行使价格的贴现值加上看涨期权价格为$100e^{-0.08\times1}+9.61=101.92$美元。以上数量相等，这从而验证了看跌-看涨期权平价关系式。



12.7 $u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$及$d=e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$。

第13章

13.1 布莱克-斯科尔斯-莫顿模型假设一年后(或在任意未来时段)股票价格服从对数正态分布，这一假设等价于股票在一年中按连续复利的收益率服从正态分布。

13.2 在时间Δt内，价格变动百分比的标准差为$\sigma\sqrt{\Delta t}$，其中σ为波动率。在该测验题中，$\sigma=0.3$，同时我们假设在一年中共有252个交易日，因此$\Delta t=1/252=0.003\ 968$，$\sigma\sqrt{\Delta t}=0.3\sqrt{0.003\ 969}=0.019$，即1.9%。

13.3 假设股票的期望收益率为无风险利率，我们可以计算出期权的期望收益，然后以无风险利率将期望收益由期权到期日贴现到今天。

13.4 对这一情形，$S_0=50$，$K=50$，$r=0.1$，$\sigma=0.3$，$T=0.25$及

$$d_1=\frac{\ln(50/50)+(0.1+0.09/2)\times0.25}{0.3\sqrt{0.25}}=0.2417$$

$$d_2=d_1-0.3\sqrt{0.25}=0.0917$$

欧式看跌期权价格为

$$50N(-0.0917)e^{-0.1\times0.25}-50N(-0.2417)=50\times0.4634e^{-0.1\times0.25}-50\times0.4045=2.38$$

即2.38美元。

13.5 对这一情形，在使用布莱克-斯科尔斯-莫顿公式之前，我们必须从股票价格中减去股息的贴现值，因此S_0的输入值为

$$S_0=50-1.50e^{-0.1\times0.1667}=48.52$$

同上，$S_0=50$，$K=50$，$r=0.1$，$\sigma=0.3$，$T=0.25$，这时

$$d_1=\frac{\ln(48.52/50)+(0.1+0.09/2)\times0.25}{0.3\sqrt{0.25}}=0.0414$$

$$d_2=d_1-0.3\sqrt{0.25}=-0.1086$$

欧式看跌期权价格为

$$50N(0.1086)e^{-0.1\times0.25}-48.52N(-0.0414)=50\times0.5432e^{-0.1\times0.25}-48.52\times0.4835=3.03$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

即 3.03 美元。

13.6 隐含波动率是使得布莱克-斯科尔斯-莫顿模型计算出的期权价格等于其市场价格的波动率，它可由试错法而求得。在试错法中，我们以一种系统的方法将不同的波动率代入布莱克-斯科尔斯-莫顿公式中进行尝试，直到找到给出看跌期权价格的波动率为止。

13.7 在布莱克近似法中，我们需要计算一个与美式看涨期权具有同一期限的欧式看涨期权的价值。我们还要计算在期权有效期内的最后一个除息日前一瞬间到期的欧式看涨期权的价值。我们令美式看涨期权的价格等于以上两者之间最大值。

第 14 章

14.1 在 2005 年之前，公司无须在利润表中把平值计为费用，只需在脚注中报告期权的价值。自 2005 年以后，FAS 123 和 IAS 2 要求在利润表中汇报期权的公允价值。

14.2 主要的不同在于：(a)员工期权比典型的交易所或场外交易的期权的期限要长很多；(b)通常有一个等待期，在此期间期权无法行使；(c)员工不能出售期权；(d)如果员工离开公司，期权要么一文不值的过期，要么必须马上行使；(e)期权的行使通常导致公司增发新股。

14.3 对于一个无股息股票期权，对持有者来说卖出一个看涨期权总比行使期权要好，员工期权无法出售，所以员工唯一获利的方式是行使期权并卖出股票。

14.4 这是有争议的，高管得益于股价上升，但不会因为股价下跌而遭受损失。员工期权有助于鼓励高管采取短期刺激股价上涨的措施，但长期有损于公司健康。更有甚者，高管为了最大化其期权收益而不惜铤而走险。

14.5 职业球员不允许参与球赛赌博，因为他们本身可以影响比赛的结果。同理，应该不允许高管对其公司的未来股价下赌，原因在于他的行动可以影响股价。但是，如果职业球员只赌自己的球队赢球(而不是输球)应该没有问题。类似地，如果高管只赌自己的公司表现良好，也是可以接受的。

14.6 倒填日期允许公司授予员工期权，其行使价格等于先前某一天的股价并且声称是平值期权。直到 2005 年，平值期权在利润表中都不计为费用，这样在表中所记载的期权价值实际小于授权日的真实成本。在 2002 年，美国证券交易委员会要求公司在授权之后两天汇报股票期权，这样做消除了公司倒填日期的合规问题。

14.7 如果每个季度要重新对授权的股票期权进行估价，在授权日的期权价值就变得不那么重要了。股价在授权日之后的变动将在下一次重新估价中体现，期权的总体成本将独立于授权日的股票价格。

第 15 章

15.1 当股指下跌到 700 时，组合的预期价值为 1 000 × (700/800) = 875 万美元(这里假设组合的股息收益率等于指数的股息收益率)。买入标的资产为 10 000 000/800 = 12 500 倍指数，行使价格为 700 的看跌期权给组合提供了保护，该期权使得组合的价值不会低于 875 万美元。由于每份期权合约的规模为指数的 100 倍，所以我们总共需要购买 125 份期权合约。

15.2 股票指数类似于支付已知股息收益率的股票，其中股息收益率等于指数股息收益率。货币类似于支付已知股息收益率的股票，其中股息收益率等于国外的无风险利率。

15.3 由式(15-1)得出，下限为

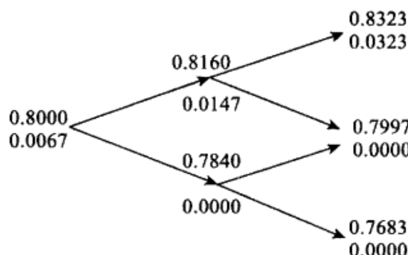
全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$300e^{-0.03\times0.5}-290e^{-0.08\times0.5}=16.90$$

15.4 下图显示了汇率波动的二叉树。这时 $u=1.02$ ，$d=0.98$ 。在风险中性世界，价格上升的概率为

$$p=\frac{e^{(0.06-0.08)\times0.08333}-0.98}{1.02-0.98}=0.4584$$

下图显示出购买一单位外汇的期权价值为 0.0067 美元。



15.5 一家公司已知在将来会收入一笔外汇，该公司可以买入行使价格低于现价的看跌期权（每单位外币兑换本国货币的数量），并且卖出行使价格高于现价的看涨期权；这样确保汇率将在这两个行使价格之间。

15.6 这时，$S_0=250$，$K=250$，$r=0.1$，$\sigma=0.18$，$T=0.25$，$q=0.03$ 及

$$d_1=\frac{\ln(250/250)+(0.1-0.03+0.18^2/2)\times0.25}{0.18\sqrt{0.25}}=0.2394$$

$$d_2=d_1-0.18\sqrt{0.25}=0.1494$$

看跌期权价格为

$$250N(0.2394)e^{-0.03\times0.25}-250N(0.1494)e^{-0.10\times0.25}$$
$$=250\times0.5946e^{-0.03\times0.25}-250\times0.5594e^{-0.10\times0.25}=11.15$$

即 11.15 美元。

15.7 这时，$S_0=0.52$，$K=0.50$，$r=0.04$，$r_f=0.08$，$\sigma=0.12$，$T=0.6667$ 及

$$d_1=\frac{\ln(0.52/0.50)+(0.04-0.08+0.12^2/2)\times0.6667}{0.12\sqrt{0.6667}}=0.1771$$

$$d_2=d_1-0.12\sqrt{0.6667}=0.0791$$

看跌期权价格为

$$0.50N(-0.0791)e^{-0.04\times0.6667}-0.52N(-0.1771)e^{-0.08\times0.6667}$$
$$=0.50\times0.4685e^{-0.04\times0.6667}-0.52\times0.4297e^{-0.08\times0.6667}=0.0162$$

第 16 章

16.1 日元看涨期权给持有者以行使价格在现货市场中买入日元的权利。而日元期货看涨期权给持有者获得期货价格超过行使价格余额的权利。如果日元期货期权被行使，持有者同时还将持有日元期货合约的长头寸。

16.2 其主要原因是债券期货合约的流动性更强。长期国债期货的价格可以随时从 CBOT 的交易中获得，而债券的价格却只能从交易商那里获得。

16.3 期货价格与股息收益率等于无风险利率的股票类似。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

16.4 这时，$u=1.12$，$d=0.92$，在风险中性世界，价格上升的概率为

$$\frac{1-0.92}{1.12-0.92}=0.4$$

根据风险中性定价原理，看涨期权的价值为

$$e^{-0.06\times0.5}(0.4\times6+0.6\times0)=2.33$$

16.5 期货期权的看跌－看涨期权平价关系式与无股息股票期权的看跌－看涨期权平价关系是相同的，只是前者中的股票价格被 F_0e^{-rT} 替换，其中，F_0 为当前的期货价格，r 为无风险利率，T 为期权的期限。

16.6 在期货合约到期之前，如果期货价格高于现货价格，美式期货看涨期权的价值比相对应的现货美式期权的价值要高。

16.7 这时，$F_0=19$，$K=20$，$r=0.12$，$\sigma=0.20$，$T=0.4167$，欧式期货看跌期权的价值为

$$20N(-d_2)e^{-0.12\times0.4167}-19N(-d_1)e^{-0.12\times0.4167}$$

其中

$$d_1=\frac{\ln(19/20)+(0.04/2)\times0.4167}{0.2\sqrt{0.4167}}=-0.3327$$

$$d_2=d_1-0.2\sqrt{0.4167}=-0.4618$$

因此，期权价值为

$$e^{-0.12\times0.4167}[20N(0.4618)-19N(0.3327)]=e^{-0.12\times0.4167}(20\times0.6778-19\times0.6303)=1.50$$

即 1.50 美元。

第 17 章

17.1 通过在期权为实值的情况下持有掩护期权头寸，在期权为虚值的情况下持有期权裸露头寸，期权承约者就行使了止损策略。在使用止损策略时，虚值看涨期权的承约者需要在标的资产价格上升到行使价格 K 之上时立刻买入标的资产，而在标的资产价格下跌到行使价格之下 K 时立刻卖出标的资产。在实践中，当标的资产价格等于行使价格 K 时，我们不可能知道资产价格会上升还是会下降。因此，资产的买入价格将为 $K+\varepsilon$，卖出价格将为 $K-\varepsilon$，其中 ε 是一个很小的正值。对冲的成本取决于资产价格达到 K 的次数。因此对冲效果可能会很差。如果价格永远没有达到 K，该对冲策略的成本为零；但是如果资产价格多次与 K 相等，那么该对冲策略成本将比较高。在一种好的对冲策略中，对冲的成本在合理的精确度下应该可以合理估算。

17.2 Delta 为 0.7 意味着当股票价格小幅上升时，期权价格上升的幅度为这一幅度的 70%。同样，当股票价格小幅下跌时，期权价格下跌的幅度为这一幅度的 70%。1 000 个期权的短头寸的 Delta 为 −700，我们可以通过购买 700 股股票使其达到 Delta 中性。

17.3 这时，$S_0=K$，$r=0.1$，$\sigma=0.25$，$T=0.5$，以及

$$d_1=\frac{\ln(S_0/K)+[(0.1+0.25)^2/2]\times0.5}{0.25\sqrt{0.5}}=0.3712$$

期权的 Delta 为 $N(d_1)$，即 0.64。

17.4 不能。标的资产的长头寸或短头寸的 Vega 值为 0。这是因为当波动率变动时，标的资产的价值并不发生变化。

17.5 期权头寸 Gamma 的定义为期权 Delta 变化随标的资产价格变化的比率。例如，Gamma = 0.1 意味着，当资产价格有小幅度增加时，Delta 的增加为资产价格增加幅度的 0.1 倍。当期权

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

出售者头寸的 Gamma 非常大并且为负值时，假定期权头寸的 Delta 为 0，这时如果资产价格发生大幅度变动(或者上升，或者下降)，投资者会蒙受损失。

17.6 为了对冲期权头寸，我们需要构造一个反向的期权头寸。例如，为了对冲看跌期权长头寸，我们需要构造一个看跌期权短头寸。这意味着构造合成期权的过程就是对冲该期权头寸的逆过程。

17.7 在 1987 年，市场上通过构造看跌期权的保险组合十分流行。其构造如下：当一个组合价值减少时，组合的再平衡是由通过出售部分组合或是出售一些指数期货来达到的。如果足够多组合经理行使这一策略，就会创造出一种不稳定的状态。小幅度的价值下跌就会导致资产出售，这又会造成大幅度的跌势，并导致更多的资产的出售，等等。有观点认为这种现象在 1987 年 10 月股票大跌时起了相当大的作用。

第 18 章

18.1 Delta、Gamma、Theta 可以从单一二叉树中求得。通过对波动率进行小幅扰动，并使用新的波动率产生树图计算出期权价格，我们可以获得 Vega。通过对利率进行小幅扰动，并使用新的利率产生树图计算出期权价格，我们可以获得 Rho。

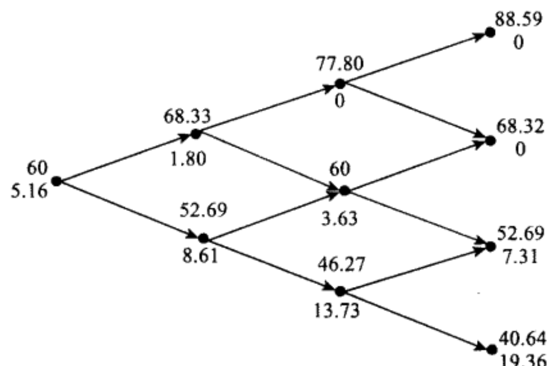
18.2 采用我们惯用的符号，答案如下：(a) $e^{r\Delta t}$，(b)$e^{(r-q)\Delta t}$，(c)$e^{(r-r_f)\Delta t}$，(d)1。

18.3 这时，$S_0=60$，$K=60$，$r=0.1$，$\sigma=0.45$，$T=0.25$，$\Delta t=0.0833$，及

$$u=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}=e^{0.45\sqrt{0.0833}}=1.1387,\ d=1/u=0.8782,\ a=e^{r\Delta t}=e^{0.1\times0.0833}=1.0084$$

$$p=\frac{a-d}{u-d}=0.4998,\ 1-p=0.5002$$

如下图所示，期权价格为 5.16 美元



18.4 控制变量技术包括以下步骤：

a. 按常规方法利用二叉树为美式期权定价(求得期权价格为 f_A)

b. 采用同一个二叉树及与美式期权相同的参数为欧式期权定价(求得期权价格为 f_E)

c. 采用布莱克－斯科尔斯模型为欧式期权定价(求得期权价格为 f_{BS})

美式期权价格的估计为 $f_A+f_{BS}-f_E$。

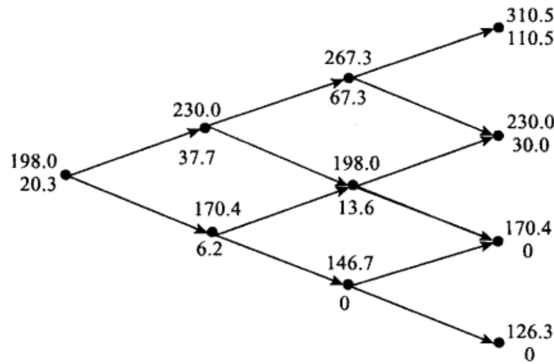
18.5 这时，$F_0=198$，$K=200$，$r=0.08$，$\sigma=0.3$，$T=0.75$，$\Delta t=0.25$，及

$$u=e^{0.3\sqrt{0.25}}=1.1618,\ d=1/u=0.8607,\ a=1$$

$$p=\frac{a-d}{u-d}=0.4626,\ 1-p=0.5373$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

如下图所示，期权价格为 20.3 美分。



18.6 假设在某一时间间隔中股息为 D 。如果 S 为时间间隔初的股票价格，在时间间隔末的股票价格将为 $Su-D$ 或 $Sd-D$ 。在接下一个时间间隔末，股票价格将为以下价格中的一个

$$(Su-D)u\ ,\ (Su-D)d\ ,\ (Sd-D)u\ ,\ (Sd-D)d\ 。$$

由于 $(Su-D)d$ 不等于 $(Sd-D)u$ ，树图不再重合。如果令 S 为股票价格减去未来股息的现值，这一问题可以避免。

18.7 在蒙特卡罗模拟中，我们在二叉树路径上从前向后进行抽样。当达到一个节点时我们无法确定提前行使期权是否为最优。

第 19 章

19.1 当股票价格分布的两侧的肥尾特征均不如对数正态分布肥大时，对于深度虚值或深度实值期权来讲，布莱克-斯科尔斯－莫顿模型会高估期权的价格。这将导致图 19-7 中的波动率微笑。当分布的右侧肥大，左侧不肥大时，对于虚值看涨期权和实值看跌期权来讲，布莱克-斯科尔斯－莫顿模型会低估期权的价格；对于虚值看跌期权和实值看涨期权来讲，布莱克-斯科尔斯－莫顿模型会高估期权的价格。这将造成隐含波动率为行使价格的递增函数。

19.2 在市场上观察到的股权资产的波动率微笑通常是向下倾斜的。

19.3 价格的跳跃式变动将使得股票价格分布的两侧都比对数正态分布更肥大。这将造成类似于图 19-1 中的波动率微笑。3 个月期的期权的波动率微笑更为显著。

19.4 对看涨期权价格来讲，看跌期权的价格过低。正确的交易策略是买入看跌期权及股票，并同时出售看涨期权。

19.5 对于虚值(低行使价格)看跌期权来讲，更肥大的左尾将导致较高的期权价格，因此隐含波动率也会较高。同样，对于虚值(高行使价格)看涨期权来讲，较为瘦小的右尾将导致较低的期权价格，因此隐含波动率也会较低。在波动率微笑中，隐含波动率为行使价格的递减函数。

19.6 采用附录 19A 的符号，

$$c_{bs}+Ke^{-rT}=p_{bs}+Se^{-qT}$$
$$c_{mkt}+Ke^{-rT}=p_{mkt}+Se^{-qT}$$

因此

$$c_{bs}-c_{mkt}=p_{bs}-p_{mkt}$$

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

这时，$c_{mkt}=3.00$，$c_{bs}=3.50$，$p_{bs}=1.00$，因此 $p_{mkt}=0.50$

19.7 “股票暴跌恐惧症”观点试图解释自 1987 年以来期权市场中的波动率倾斜现象(这 1987 年，股票市场震动了每一个人，其中某一天市场跌幅达 20% 以上)。该论点认为交易者都担心会再次出现股票大跌，因此增加了虚值看跌期权的价格。这从而造成了波动率倾斜的现象。

第 20 章

20.1 历史模拟法涉及由 N 天的历史数据来构建今天与明天之间可能会发生的 N 个情景。第 1 个情景假设所有的市场变量变动百分比都与第 1 天(Day 0)和第 2 天(Day 1)之间的市场变量变动百分比相同；第 2 个情景假设所有的市场变量变动百分比都与第 2 天(Day 1)和第 3 天(Day 2)之间的市场变量变动百分比相同；以此类推。最后一个情景假设所有市场变量变动百分比都与前天(Day$N-1$)和今天(Day$N$)的市场变量变动百分比相同。在每个情景下都对组合进行定价，VaR 是由组合价值变动的概率分布来计算。

20.2 定义 u_i 为 $\frac{S_i-S_{i-1}}{S_{i-1}}$，其中 S_i 为在第 i 天末市场变量的价值。在 EWMA 模型中，市场变量的方差(即波动率的平方)是 u_i^2 的加权平均。对于某些常数 $\lambda(0<\lambda<1)$，u_{i-1}^2 对应的权重(在第 $i-1$ 求得)等于 λ 乘以 u_i^2(在第 i 求得)对应的权重。第 $n-1$ 天估计出的波动率 σ_n 与在第 $n-2$ 天估计出的波动率 σ_{n-1} 之间的关系式为

$$\sigma_n^2=\lambda\sigma_{n-1}^2+(1-\lambda)u_{n-1}^2$$

这一公式说明 EWMA 模型有一个十分诱人的特性。为了估算出第 n 天的波动率，我们只需要知道 $n-1$ 的波动率估计值以及 u_{n-1}^2 就够了。

20.3 在这种情形 $\sigma_{n-1}=0.015$，$\mu_n=0.5/30=0.016\ 67$，由式(18-10)我们可得出

$$\sigma_n^2=0.94\times0.015^2+0.06\times0.016\ 67^2=0.000\ 228\ 2$$

因此在第 n 天波动率的估计值为 $\sqrt{0.000\ 228\ 2}=0.015\ 103$，即 1.51%。

20.4 以 1 000 美元为计量单位，组合价格日变动的方差：

$$300^2\times0.018^2+500^2\times0.012^2+2\times300\times500\times0.018\times0.012\times0.3=84.60$$

组合价格日变动的标准差为 $\sqrt{84.60}=9.20$。5 天内价格变动的标准差为 $9.20\sqrt{5}=20.57$。组合的 5 天 95% 的 VaR 为 $1.65\times20.57=33.94$，即 33 940 美元。

20.5 组合价格变化 ΔP 与汇率日变动 ΔS 的关系式为

$$\Delta P=56\Delta S$$

汇率日变动 Δx 等于 $\Delta S/1.5$，因此

$$\Delta P=56\times1.5\Delta x$$

即

$$\Delta P=84\Delta x$$

Δx 的标准差等于汇率日变动的波动率，即 0.7%。因此 ΔP 的标准差为 $84\times0.07=0.588$。交易组合 10 天展望期 99% VaR 等于

$$0.588\times2.33\times\sqrt{10}=4.33$$

20.6 由式(20-5)得出

$$\Delta P=56\times1.5\Delta x+0.5\times1.5^2\times16.2\times\Delta x^2$$

即

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

$$\Delta P = 84\Delta x + 18.225\Delta x^2$$

20.7 历史模拟法假设市场变量的联合概率分布是由历史数据给出。模建法则假设变量服从多元正态分布。模建法中市场变量的相关系数或波动率通常是由 EWMA 法得出，在 EWMA 法中，近期数据对应的权重较高。

第 21 章

21.1 在 3 个月后将要支付的数量为

$$20\,000\,000 \times (0.12 - 0.10) \times 0.25 = 100\,000 \text{ 美元}$$

21.2 可赎回债券的特点是债券发行者持有在将来某时刻以事先约定的价格从债券持有者处购回债券的权利。可提前退还债券的特点是债券持有者持有在将来某时刻以事先约定的价格将债券买回给发行者的权利。

21.3 互换期权是在将来某一时刻签署以某一固定利率交换浮动利率互换的选择权。利率互换可以看做固定利率的债券与浮动利率的债券的交换。这一期权就是一个固定利率债券与浮动利率债券进行互换的权利。在互换开始时，浮动利率债券的价值等于其面值，这一互换期权也就是行使价格等于债券面值的固定利率债券期权。

21.4 这时 $F_0 = (125 - 10)e^{0.1\times1} = 127.09$，$K = 110$，$r = 0.1$，$\sigma = 0.08$，$T = 1.0$ 及

$$d_1 = \frac{\ln(127.09/110) + 0.08^2/2}{0.08} = 1.8456$$

$$d_2 = d_1 - 0.08 = 1.7656$$

看跌期权的价值为

$$110e^{-0.1}N(-1.7656) - 127.09e^{-0.1\times1}N(-1.8456) = 0.12$$

即 0.12 美元。

21.5 收益为 $25 \times 87 = 2\,175$ 美元。

21.6 这时，$L = 1000$，$\delta_k = 0.25$，$F_k = 0.12$，$R_K = 0.13$，$\sigma_k = 0.12$，$t_k = 1.5$，$e^{-0.115\times1.75} = 0.8177$，及

$$d_1 = \frac{\ln(0.12/0.13) + 0.12^2 \times 1.5/2}{0.08} = -0.4711$$

$$d_2 = -0.4711 - 0.12\sqrt{1.5} = -0.6181$$

期权的价值为

$$1000 \times 0.25 \times 0.8177 \times [0.12N(-0.4711) - 0.13N(-0.6181)] = 0.69$$

即 0.69 美元。

21.7 期限结构模型具有两个主要优势。首先，期限结构模型使得所有的利率衍生证券都可以按一致的形式被定价。其次，期限结构模型可以对一些布莱克模型不适用的产品定价。例如，我们可以采用期限结构模型来对远期美式互换期权定价，而布莱克模型不适用于该类产品。

第 22 章

22.1 远期开始期权是现在承诺的在未来某时刻将要开始的期权，其行使价格通常等于期权开始时的资产价格。选择人期权的持有人在未来某一时刻有权选择拥有看涨期权或者看跌期权。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

22.2 采用通常使用的符号，期权的价值为 $1000e^{-0.04\times0.25}N(d_2)$ ，在本题中，

$$d_2=\frac{\ln(50/50)+(0.04-0.2^2/2)\times0.25}{0.2\sqrt{0.25}}=0.05$$

以及

$$N(d_2)=0.5199$$

期权的价值为 $100e^{-0.04\times0.25}\times0.5199=51.48$ 美元。

22.3 上升敲入看涨期权、上升敲出看涨期权、上升敲出看跌期权、下降敲入看涨期权、下降敲出看涨期权、下降敲入看跌期权和下降敲出看跌期权。

22.4 在股权互换中，互换的一方承诺支付按某一名义本金及某一股权指数回报率计算的利息，另一方承诺支付按相同的本金及某一固定利率或浮动利率计算的利息。

22.5 当提前偿付量增加时，本金会更快偿还，这将会增加 PO 的价值。当提前偿付量增加时，可获得的利息将减少，这将会降低 IO 的价值。

22.6 可取消互换给公司 X 了提前终止互换的权利。假设互换到期时间为 T ，公司 X 在 t 时刻终止互换。这等价于公司 X 在 t 时刻签订一份新的互换协议。这个新互换的到期时间也为 T，其现金流方向与原来的互换的现金流方向相反。因此终止权等价于给公司 X 签署另一份互换的权利，即给予了公司 X 一份互换期权。

22.7 交易者可以签订一份交叉货币度量互换，其中交易者以美元本金及 3 个月期的美元 LIBOR 来支付利息，同时收入按美元本金及 3 个月期的加拿大 LIBOR 减去 2% 所计算的利息。因为该互换避免加元与美元的汇率风险，这一做法要优于加元 LIBOR 及加元本金所定义的常规浮动与浮动利率互换。

第 23 章

23.1 两种合约均提供某一特定公司在某段时间内违约的保护，信用互换中的回报等于面值乘以 1 与回收率的差，在两点违约信用互换中，回报等于面值。

23.2 信用违约互换卖出方分别在 0.5，1.0，1.5，2.0，2.5，3.0，3.5，4.0 年收入

$$300\,000\,000\times0.006\,0\times0.5=900\,000 \text{ 美元}$$

在违约发生时(4 年零 2 个月)卖出方会收入 300 000 美元(=300 000 000 ×0.060 ×2/12)计利付款，互换卖出方在违约时需向买入方支付

$$300\,000\,000\times0.6=180\,000\,000 \text{ 美元}$$

23.3 有时交易双方会达成实物交割协定，有时交易双方也会达成现金交割协定。如果在违约时为实物交割，信用保护的买入方会以债券面值的价格将违约债券卖给信用保护的卖出方，可卖出债券的总面值等于信用互换的面值。如果在违约时为现金交割，这时会有一个第三者来计算在违约后一定天数之后最便宜可交割债券的价格，信用互换的现金回报等于面值减去估算出的违约债券价格。

23.4 现金 CDO 是由债券组合派生出来，债券组合的收入回报会以某种形式分配到不同的份额(对应于不同形式的投资人)，不同份额有不同形式的信用风险。合成 CDO 没有债券组合支撑，而是由卖出 CDS 组合的收入支撑，相应的信用风险被分配到不同的份额。

23.5 在一个篮筐式第 1 个信用违约互换交易中有一系列的参考实体，当出现一个违约事件时，会产生回报(计算方式同一般 CDS 相同)，然后互换合约会停止。随着篮筐中参考实体的相关性的增加，第 1 个信用违约互换所提供的保护会有所降低，这是因为当相关性增大时，一个违约事件产生的概率减小，在极端情形，当相关性等于 1 时，这时违约事件只对

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

应于一个公司的违约，而这一违约概率是很小的。

23.6 风险中性违约概率是由信用互换及债券价格中计算得出，真实世界违约概率是由历史数据中计算得出。

23.7 假定某公司想买入某种资产，如果这家公司采用总收益互换来达到目的，为了完成交易，金融机构首先买入资产，然后与这家公司达成互换协议，在协议中金融机构向公司支付资产回报同时金融机构收入 LIBOR 加上一定的利差，金融机构这么做比借钱给公司并同时收入抵押金的做法信用风险更小，这是因为在公司违约时，金融机构本身仍拥有资产。

第 24 章

24.1 一天的 HDD 等于 $\max(0, 65-A)$，一天的 CDD 为 $\max(0, A-65)$，其中 A 为在某指定气象台所观测到的那一天的最低及最高温度的平均，温度计量为华氏温度。

24.2 这种合约通常阐明合约的某一方必须在将来某月以大体一致的速度以某指定价格将天然气输送到某个枢纽。

24.3 每一天的平均温度为华氏 75°，每一天的 HDD 为 10，月累积 CDD 为 $10\times31=310$，看涨期权的收益为 $(310-250)\times5000=300\,000$ 美元。

24.4 与其他商品不同，电力不可储存，如果电力需求大于供应时(这往往发生在空调季节)，没有监控地区的电力价格可能会飞涨，只有当供应与需求达到匹配时，价格才会回到以前的正常水平。

24.5 $\text{HDD}=\max(0, 65-A)$，其中 A 为一天的最高及最低温度的平均，这一回报等于对于 A 的看跌期权，行使价格为 65，$\text{CDD}=\max(0, A-65)$，这一回报等于关于 A 的看涨期权，行使价格为 65。

24.6 这对于计算过去 50 年每年 7 月的累积 CDD 非常有用，这里我们可以产生一个线性模型

$$\text{CDD}=a+bt+e$$

式中，a，b 为常数，t 为以年计的时间变量，t 起始时间为 50 年前，e 为误差变量，这一关系式反映了 CDD 随时间推移的线性变化趋势，CDD 在明年(第 51 年)的期望值为 $a+51b$，利用此式我们可以估计远期 CDD 。

24.7 一年远期价格的波动率小于现市价格的波动率，这是因为当现市价格变化一定数量时，均值回归会使得远期价格的变化幅度减小。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

术 语 表

计息互换 Accrual Swap 利率互换的一种变形，某一边的利息只在一定的条件被满足时才进行累积。

应计利息 Accrued Interest 自上一个券息付出日至今为止债券所累积的券息。

代理费用 Agency Costs 是描述在某个商业行为中，两个不同参与者的利益不完全一致的情形。

美式期权 American Option 一种在期权期限内随时可以行使的期权。

解析结果 Analytic Result 一种被某种方程式所表达的结果。

套利 Arbitrage 由两种或更多产品价格的漏洞中锁定盈利的投资方式。

套利者 Arbitrageur 套利的参与者。

亚式期权 Asian Option 期权回报与某指定时间段内的标的资产的平均价格有关。

卖盘价 Ask Price 交易商卖出资产的价格，也被称为卖出价(Offer Price)。

索取价 Asked Price 见卖盘价(Ask Price)。

资产支持证券 Asset-backed Security 由债券、按揭、信用卡应收款和其他产品的现金流所产生的证券。

资产或空手看涨期权 Asset-or-nothing Call Option 当标的资产价格高于行使价格时，期权收益等于标的资产的价格，否则期权收益为0。

资产或空手看跌期权 Asset-or-nothing Put Option 当标的资产价格低于行使价格时，期权收益等于标的资产的价格，否则期权收益为0。

任选期权 As-you-like-it Option 见选择人期权(Chooser Option)。

平值期权 At-the-money Option 期权行使价格等于标的资产价格。

平均价格看涨期权 Average Price Call Option 期权收益等于标的资产平均值与行使价格之差与0的最大值。

平均价格看跌期权 Average Price Put Option 期权收益等于行使价格与标的资产平均值的差与0的最大值。

平均行使价格期权 Average Strike Option 期权收益与资产价格及资产平均值的数量有关。

回顾测试 Back Testing 利用历史数据对风险价值度进行检测的方式。

倒推归纳 Backwards Induction 一种由二叉树的底端反向倒推到树的起始点来对期权定价的过程。

障碍期权 Barrier Option 期权的回报与标的资产的价格是否达到一定的障碍水平(即事先约定的水平)事件有关。

《新巴塞尔协议》 Basel Ⅱ 在2007年所实施的新的计算银行监管资本金的国际协定。

基差 Basis 某个商品现市价与期货价格之间的差距。

基点 Basis Point 在描述利率时，一个基点等于1%的1%(即0.01%)。

基差风险 Basis Risk 对于将来基差进行对冲所产生的风险。

基差互换 Basis Swap 互换交易两方的利率计算分别与两个不同的浮动利率有关。

篮筐式信用违约互换 Basket Credit Default Swap 具有若干参考实体的信用违约互换。

篮筐式期权 Basket Option 对于一资产交易组合的期权。

熊市差价 Bear Spread 行使价格为 X_1 的看跌期权的短头寸与行使价格为 X_2 的看跌期权的长头寸的组合，其中 $X_2 > X_1$ （熊市差价交易也可以由看涨期权来组成）。

百慕大式期权 Bermudan Option 期权持有者在期权期限内的若干时间点上均可以行使期权。

贝塔 Beta 用于检测某资产系统风险的一种测度。

买入索取差价 Bid-Ask Spread 请参考买入

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

卖出差价(Bid-Offer Spread)。

买入卖出差价 Bid-Offer Spread 卖出(或索取)价格与买入价格的差距。

买入价 Bid Price 交易商准备买入某资产所付的价格。

两点信用违约互换 Binary Credit Default Swap 在此合约中，某参考实体违约会触发一个固定数量的回报。

两值期权 Binary Option 具有不连续回报形式的期权。例如，现金或空手期权以及资产或空手期权。

二项式模型 Binomial Model 用于检测资产在某一小时间段价格变化的模型，对于任意时间段价格变化只有两个可能。

二叉树 Binomial Tree 在二项式模型假设下描述资产变化的树型结构。

布莱克近似法 Black's Approximation 由布莱克-斯科尔斯-莫顿开发出的用于标的资产为某种支付股息股票的期权定价的近似模型。

布莱克模型 Black's Model 用于欧式期货期权定价模型，这一模型是布莱克-斯科尔斯-莫顿模型的延伸，当资产价格在到期日服从对数正态分布时，这种欧式期权定价模型被得到广泛应用。

布莱克-斯科尔斯-莫顿模型 Black-Scholes-Merton Model 一种用于股票欧式期权的定价模型，模型最初的发现者为布莱克-斯科尔斯-莫顿及莫顿。

指令登记经纪人 Board Broker 这些经纪人在交易所处理限价指令并将限价指令信息提供给其他的交易员。

债券期权 Bond Option 标的资产为某债券的期权。

债券收益率 Bond Yield 使得债券资金流的贴现总和等于债券市场价格的贴现利率。

息票剥离法 Bootstrap Method 由市场数据来计算零息收益率的方法。

盒式差价 Box Spread 一个由看涨期权组成的牛市差价和看跌期权组成的熊市差价的组合。

牛市差价 Bull Spread 行使价格为 X_1 的看涨期权的长头寸与行使价格为 X_2 的看涨期权的短头寸的组合，其中 $X_2 > X_1$ （牛市差价交易也可以由看跌期权来组成）。

蝶式差价 Butterfly Spread 此交易由行使价格为 X_1 的看涨期权的长头寸，行使价格为 X_3 的看涨期权的长头寸，以及两倍数量的行使价格为 X_2 的看涨期权的短头寸组合而成，其中，$X_3 > X_2 > X_1$ 且 $X_2 = 0.5(X_1 + X_3)$ (蝶式差价交易也可以由看跌期权来组成)。

公历日 Calendar Days 日历上的每一天。

校正 Calibration 由市场上交易活跃的产品计算隐含参数的方法。

可赎回债券 Callable Bond 债券上注明发行者可在将来债券期限内的特定时间以特定价格将债券购回。

看涨期权 Call Option 在将来某时刻以指定价格买入某种资产的权利。

可取消互换 Cancelable Swap 互换的单方可以在指定期限停止互换交易。

上限 Cap 参考利率上限(Interest Rate Cap)。

资本资产定价模型 Capital Asset Pricing Model 关于资产预期回报与资产的系数之间的关系的模型。

上限单元 Caplet 利率上限交易中对应于一段时间区间的组成元素。

上限利率 Cap Rate 决定利率上限收益的利率。

Case-Shiller 指数 Case-Shiller Index 美国的房屋价格指数。

现金流映射 Cash Flow Mapping 一种将产品拆解为一套标准零息债券并用于 VaR 的计算过程。

现金或空手看涨期权 Cash-or-nothing Call Option 当标的资产价格高于行使价格时，期权收益等于某一固定的现金数量，否则期权收益为 0。

现金或空手看跌期权 Cash-or-nothing Put Option 当标的资产价格低于行使价格时，期权收益等于某一固定的现金数量，否则期权收益为 0。

现金交割 Cash Settlement 以现金方式而

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

不是以实物形式将交易进行交割的方式。

CAT 债券 CAT Bond 债券的券息以至于本金都可能在灾难(catastrophic)保险超出一定数量后而被扣除。

CDD Cooling Degree Days 平均温度超出华氏65°的数量与0取最大值，这里平均温度是指最高温度与最低温度的平均(子夜到子夜)。

CDO CDO 见债务抵押债券(Collateralized Debt Obligation)。

CDS CDS 见信用违约互换(Credit Default Swap)。

CDX NA IG 描述由北美25家投资级公司所组成的牛市差价和看跌期权组成的熊市差价的组合。

交割最便宜债券 Cheapest-to-deliver Bond 芝加哥期货交易所的债券期货中可用于交割的最便宜债券。

选择人期权 Chooser Option 期权持有人在将来某时刻行使期权时可以选择拥有看涨期权或看跌期权。

期权分类 Class of Options 见期权分类(Option Class)。

债券除息价格 (纯净价) Clean Price of Bond 债券的报价，买入债券的价格(带息价格)等于这一报价再加上应计利息。

清算中心 Clearinghouse 交易所设定的，保证交易双方履行交易所的衍生产品交易义务的实体(这一机构被称为清算机构)。

清算抵押金 Clearing Margin 由清算中心所要求的抵押金数量。

CMO CMO 见房产抵押债券(Collateralized Mortgage Obligation)。

双限 Collar 见利率双限(Interest Rate Collar)。

抵押制度 Collateralization 在衍生产品交易中，一方或双方须支付抵押品的制度。

债务抵押债券 Collateralized Debt Obligation 一种将信用风险打包的方式，这是一个由某种交易组合而派生出来几种不同债券的形式，违约的摊派服从事先阐明的规则。

房产抵押债券 Collateralized Mortgage Obligation 这是一个由房屋贷款而派生出的债券形式，债券投资人被分成若干类，本金的偿换以事先阐明的规则被分配到不同的投资人。

组合 Combination 某一标的资产的看涨及看跌期权的组合。

商品期货交易管理委员会 Commodity Futures Trading Commission 此委员会的职责是对美国商品期货交易进行监管。

商品互换 Commodity Swap 互换交易某一方的现金流与商品价格有关。

复利频率 Compounding Frequency 用于计量利率。

合成互换 Compounding Swap 利率互换的利率以复合形式来计量。

复合期权 Compound Option 期权的期权。

条件 VaR Conditional Value at Risk, C-VaR 见预期亏损。

交易确认 Confirmation 在场外市场用于确认双方口头交易的书面合约。

固定期限互换 Constant Maturity Swap, CMS 互换协议的一方的利率为某一固定期限的互换利率，另一方为浮动利率或固定利率。

消费资产 Consumption Asset 用于消耗而不是投资的资产。

期货溢价 Contango 期货价格高于将来现市价格的期望值。

连续复利 Continuous Compounding 利率报价的一种方式，当报价复利区间变得越来越小时，其极限形式就是这里的连续复利。

控制变量技术 Control Variate Technique 这种技术有时可用于改善数值计算的精度。

便利收益率 Convenience Yield 用于计量拥有某种资产而带来的便利，这种便利是期货合约的长头寸持有者所不拥有的。

转换因子 Conversion Factor 将某账外项目转换为等价信用量的因子。

可转换债券 Convertible Bond 一种由公司发行的并可以在债券期限的某时刻转换为一定数量股权的债券。

凸率 Convexity 测定债券价格同收益率之

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

间曲线函数的凸率。

凸率调整 Convexity Adjustment 这一术语被应用之处很多，例如它可以用以描述将期货利率转换为远期利率的调节量，还可以用于将对某些产品定价时对于远期利率的调节。

持有成本 Cost of Carry 存储成本加上购买资产融资费用再减去资本的收益。

对手 Counterparty 金融交易的另一方。

券息 Coupon 债券所付的利息。

协方差 Covariance 描述两个变量之间的线性关系（等于变量的相关系数乘以它们的标准差）。

持保看涨期权 Covered Call 持有欧式期权的短头寸与持有资产的长头寸的组合。

暴跌恐惧症 Crashophobia 人们对于类似1987年股票大跌的恐惧症，有人认为这一现象造成市场参与者提高了深度虚值看跌期权的价值。

信用违约互换 Credit Default Swap 信用违约互换的买入方可以在债券违约时以面值的价格将债券卖给信用互换的卖出方。

信用衍生产品 Credit Derivative 收益与某家公司或多家公司信用有关的衍生产品合约。

信用指数 Credit Index 跟踪购买公司组合信用保护成本的指数（比如 CDX NA IG 和 iTraxx Europe）。

信用等级 Credit Rating 债券信用的测定方式。

信用风险 Credit Risk 在衍生产品交易中因为交易对手违约而造成的风险。

信用差价期权 Credit Spread Option 期权收益与两个资产回报率的差有关。

交叉对冲 Cross Hedging 采用不同的资产来对冲由某一资产所产生的风险暴露。

累积分布函数 Cumulative Distribution Function 变量小于 x 的概率函数（x 为自变量）。

货币互换 Currency Swap 某种货币的本金及利息同另外一种货币的本金及利息进行调换的合约。

天数计量 Day Count 为了计算利息而设定的用于计算天数的方法。

即日交易 Day Trade 在某天进入并在同一天进行平仓的交易。

违约相关性 Default Correlation 用于计量两个公司同时违约的趋势。

违约概率密度 Default Probability Density 用于检测将来某短暂区间的无条件违约概率。

延期互换 Deferred Swap 在将来开始的互换交易，也被称为远期互换（forward swap）。

交割价格 Delivery Price 在远期合约中收入或付出的价格。

Delta Delta 衍生产品价格变化同标的资产价格变化的比率。

Delta 对冲 Delta Hedging 为了确保衍生产品交易组合价格与标的资产价格变化无关的一种对冲机制。

Delta 中性交易组合 Delta Neutral Portfolio Delta 为 0 的交易组合，这种交易组合的价格同标的资产价格的微小变化无关。

DerivaGem DerivaGem 在作者网页上可以下载可用于计算期权价格的软件。

衍生产品 Derivative 由某种资产而派生出来的产品。

确定性（非随机）变量 Determinstic Variable 某种将来的价值可确定的变量。

对角差价 Diagonal Spread 由两个具有不同期限以及不同行使价格的看涨期权的组合（对角差价也可以由看跌期权来组成）。

交叉货币度量互换 Differential Swap 互换交易的一方现金流以某种货币来计量，另一方的现金流以另一种货币来计量，双方所对应的面值的货币及数量均相同。

带息价格 Dirty Price of Bond 债券的现金价格。

折扣债券 Discount Bond 也作贴现债券，见零息债券（Zero Coupon Bond）。

折扣产品 Discount Instrument 不提供券息的产品，例如短期国债。

贴现率 Discount Rate 由短期债券价格与面值的比率所得出的年回报率。

分散化 Diversification 将交易组合分散到不同资产所带来的分散效应。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

票息 Dividend 股票发行人给出的现金回报。

票息收益率 Dividend Yield 票息与股票价格的比率。

绝对额久期 Dollar Duration 等于与利率有关的组合的久期乘以组合的价值。

下跌－敲入期权 Down-and-in Option 标的资产价格下跌到一定水平之后，这一期权会得以存在。

下跌－敲出期权 Down-and-out Option 标的资产价格下跌到一定水平之后，这一期权会得以消失。

久期 Duration 用以计量债券的平均寿命，这一测度也是债券价格变化同债券收益率变化的比率。

DV01 所有的利率变动 1 个基点所带来的影响。

久期匹配 Duration Matching 将资产负债久期进行匹配的一种过程。

动态对冲 Dynamic Hedging 为了对冲期权头寸，需要动态地调节标的资产数量的对冲过程，这里对冲目的是为了保证交易组合风险中性的性态。

提前行使权利 Early Exercise 在到期前行使权利。

有效市场假设 Efficient Market Hypothesis 在此学说中，假设资产价格体现了所有有关信息。

电子交易 Electronic Trading 使得买方与卖方得以匹配的电子计算机系统。

内含期权 Embedded Option 产品中不可分割的期权部分。

实证研究 Empirical Research 基于历史数据的研究方式。

雇员股票期权 Employee Stock Option 公司给予雇员的公司股票看涨期权作为薪酬的一部分。

股权互换 Equity Swap 股票(或股票组合)收益与固定利率或浮动利率进行交换的合约。

欧洲货币 Eurocurrency 一种脱离货币发生国的货币系统的流通货币。

欧洲美元 Eurodollar 存在美国以外的银行的美元。

欧洲美元期货合约 Eurodollar Futures Contract 关于欧洲美元的期货合约。

欧洲美元利率 Eurodollar Interest Rate 欧洲美元存款利率。

欧式期权 European Option 只能在期权到期日才能被得以行使的期权。

EWMA EWMA 指数加权移动平均。

互换期权 Exchange Option 期权持有者有权以某种资产来换取另一种资产。

除息日 Ex-dividend Date 当公布票息时，除息日也被阐明，在除息日之前买入股票的投资人会收到股息。

管理人股票期权 Executive Stock Option 公司发行自身股票期权来作为公司高管薪酬的一部分。

行使限额 Exercise Limit 期权持有人在任意 5 个连续的交易日可行使期权的最大限额。

行使价格 Exercise Price 在期权合约中资产可以被买入或卖出的固定价格，此价格也被称为敲定价格(Strike Price)。

特种期权 Exotic Option 非标准期权。

预期理论 Expectations Theory 该理论认为远期利率等于未来的预期即时利率。

预期亏损 Expected Shortfall 在今后 N 天损失超过$(100-X)\%$百分比分位数的条件下，损失的期望值，N 代表展望期天数，$X\%$ 代表置信水平。

变量的期望值 Expected Value of a Variable 变量的取值被其出现概率加权后得出的加权平均值。

到期日 Expiration Date 合约期限的终止日。

指数加权平均移动模型 Exponentially Weighted Moving Average Model 对于历史数据施与某种指数权重来进行预测的模型，有时这种模型用于的求解过程中的方差及协方差的计算。

指数加权 Exponential Weighting 这种加权方式与数据的新旧有关，对于时刻 i 的加权权重下等于 λ 乘以时刻 $i-1$ 的权重，这里$\lambda<1$。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

暴露风险 Exposure 对手违约带来的损失的最大值。

可展期债券 Extendable Bond 债券持有人有权延迟债券的期限。

可延期互换 Extendable Swap 互换的某一方有权延长互换的期限。

FAS FAS 财务会计准则。

FAS 123 美国关于雇员股票期权的财务会计准则。

FAS 133 美国关于对冲工具的财务会计准则。

FASB 财务会计准则委员会。

FICO 由 Fair Isaac 公司研发出的信用评分。

金融媒介 Financial Intermediary 将经济环境中对于资金有不同需求的投资人联结在一起的银行或金融机构的体系。

固定利率 Fixed Rate 随时间的变化此利率恒定。

单一波动率 Flat Volatility 此术语是指在利率上限定价过程中，采用这一单一波动率对不同期限的上限区间来定价。

灵活期权 Flex Option 交易所内的交易员，可提供的非标准化条款期权。

浮动利率 Floating Rate 随时间的变化此利率会有所变化。

下限 Floor 见利率下限(Interest Rate Floor)。

下限合约 Floor-Ceiling Agreement 见双限(Collar)。

下限单元 Floorlet 利率下限交易中对应于一段时间区间的组成元素。

下限利率 Floor Rate 利率下限交易中阐明的利率。

外汇期权 Foreign Currency Option 有关汇率的期权。

远期合约 Forward Contract 合约约定买方及卖方在将来某指定的时刻以指定价格买入或卖出某种资产。

远期汇率 Forward Exchange Rate 汇率的远期合约价格。

远期利率 Forward Interest Rate 由今天市场利率所得出的将来某时间段的利率。

远期价格 Forward Price 远期合约中使得合约价格为 0 的交割价格。

远期率 Forward Rate 这一名词既可以是指远期利率也可以是指远期汇率。

远期利率合约 Forward Rate Agreement 交易双方达成的在将来某时刻以某种固定利率对于一定面值来计息的协议。

远期开始期权 Forward Start Option 将来某时刻开始的平值期权。

远期互换 Forward Swap 见延期互换(Deferred Swap)。

期货佣金经纪人 Futures Commission Merchants 根据客户指令进行交易的交易员。

期货合约 Futures Contract 一种约定双方在将来某时刻以指定价格买卖资产的合约，此合约每天都要进行交割计价。

期货期权 Futures Option 关于期货的期权。

期货价格 Futures Price 期货合约中的当前交割价格。

期货式期权 Futures-style Option 收益取决于期权的期货合约。

Gamma Gamma Delta 的变化与资产价格变化的比率。

Gamma 中性 Gamma-neutral portfolio Gamma 为 0 的交易组合。

几何平均值 Geometric Mean n 个数字乘积的 n 次方根。

希腊值 Greeks，15 Delta、Gamma、Vega、Theta 和 Rho 等对冲参数。

冒险率 Hazard Rate 在没有前期违约条件下，一种用于检验一段短时期内的违约概率的测度。

HDD Heating degree day 升温天数，一天平均温度超出华氏 65°的数值与 0 的极大值，这里平均温度为一天最高温度与最低温度的平均值(子夜到子夜)。

对冲 Hedge 用于减小风险的交易。

对冲基金 Hedge Funds 这类基金所受限制要远少于共同基金，它们可以利用衍生产品，采用卖空交易策略，但是不能向公众发行证券。

对冲者 Hedger 进入对冲交易的个人。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

对冲比率 Hedge Ratio 对冲产品数量与被对冲头寸的比率。

历史模拟法 Historical Simulation 基于历史数据的模拟方式。

历史波动率 Historic Volatility 由历史数据估算出的波动率。

假期日历 Holiday Calendar 用于定义假期的日历，这一日历的目的是为了确定金融交易的付款日期。

IMM 日期 IMM Dates 3 月份、6 月份、9 月份、12 月份的第三个星期三。

隐含波动率 Implied Volatility 使得布莱克－斯科尔斯－莫顿模型（或类似扩展模型）的价格等于其市场价格的波动率。

起始盈利 Inception Profit 由衍生产品的卖出价高于理论价格所产生的盈利。

指数递减互换 Index Amortizing Swap 见指数本金互换(Index Principal Swap)。

指数套利 Index Arbitrage 此套利策略涉及交易指数内所含有的股票及股指期货。

指数本金互换 Index Principal Swap 此互换中的本金随着时间的变化有所减小，本金减小的速度与利率水平有关。

指数期货 Index Future 股指或其他指数的期货合约。

指数期权 Index Option 股指或其他指数的期权。

初始保证金 Initial Margin 在最初交易期货时所需要的现金保证金。

利率上限 Interest Rate Cap 在利率高于一定水平时，这种期权会产生收益，这里对应的利率为需要定期设定的浮动利率。

利率双限 Interest Rate Collar 一个利率上限及下限的组合。

利率衍生产品 Interest Rate Derivative 收益与将来利率有关的衍生产品。

利率下限 Interest Rate Floor 在利率低于一定水平时，这种期权会产生收益，这里对应的利率为需要定期设定的浮动利率。

利率期权 Interest Rate Option 一种固定利率与浮动利率的互换协议，固定利率方及浮动利率方的面值相同。

利率互换 Interest Rate Swap 固定利率与浮动利率的互换合约，双方用于计量利息的本金值相同。

国际互换及衍生品协会 International Swaps and Derivatives Association 场外衍生品交易协会，该协会开发场外合约的主协议。

实值期权 In-the-money Option 这种期权或者是(a)资产价格大于行使价格的看涨期权或者是(b)资产价格低于行使价格的看跌期权。

内涵价值 Intrinsic Value 对于看涨期权，此价值等于资产价格超出行使价格的余量与 0 的极大值，对于看跌期权，此价值等于行使价格超出资产价格的余量与 0 的极大值。

反向市场 Inverted Market 在反向市场中期货价格随期限的增大而有所减小。

投资资产 Investment Asset 一种被相当数量的个人拥有并用于投资的资产。

欧洲 iTraxx iTraxx European 由欧洲 125 家投资级公司所组成的信用指数。

IO 只有利息债券。

峰度 Kurtosis 用于检验尾部肥瘦的测度。

LEAPS LEAPS 期限较长的股票或股指期权。

LIBID LIBID 伦敦同业银行借款利率，即银行对于借出欧洲货币的利息率（也就是银行愿意以这一利率将资金借给其他银行）。

LIBOR LIBOR 伦敦同业银行拆出利率，即银行对于存入欧洲货币的利息率（也就是银行愿意以这一利率将资产存入其他银行）。

LIBOR 曲线 Libor Curve 与时间有关的 LIBOR 利率曲线。

LIBOR 后置互换 LIBOR-in-arrears Swap 在此交易中，利率观察日与付款日等同（利率的计算不是取决于前一阶段所观察到的利率）。

涨跌停板变动 Limit Move 交易所限定的单一交易时间区间内价格变化的最大限额。

限价指令 Limit Order 只在达到某指定价格或更优惠价格时才行使的指令。

流动性偏好理论 Liquidity Preference Theory 这一理论指出远期利率会高于将来预期的

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

即时利率。

流动性溢酬 Liquidity Premium 也作灵活升值，远期利率超出将来预期即时利率的数量。

流通风险 Liquidity Risk 一个资产的卖出价不能达到其理论价格的风险。

自营经纪人 Locals 在交易大厅为自身账户，而不是其他客户进行交易的交易员。

对数正态分布 Lognormal Distribution 一个变量服从对数正态分布是指当这一变量的对数服从正态分布。

长头寸对冲 Long Hedge 涉及进入期货长头寸的对冲策略。

长头寸 Long Position 买入某资产的交易。

回望期权 Lookback Option 在到期日期权的收益与资产价格和在一段时间内所取得的最大值或最小值有关。

维持保证金 Maintenance Margin 当交易员的保证金低于一定水平时，交易员会被要求增加保证金，以使得保证金恢复到最初保证金的水平。

保证金 Margin 期货或期权交易员必须维持的现金存款(或其他形式的证券)的数量。

保证金催付通知 Margin Call 当保证金账号存款低于一定水平时，这时所做出的增加额外保证金的要求。

做市商 Market Maker 给出买入与卖出两种报价的交易员。

市场模型 Market Model 广泛被交易员采用的模型。

市场分割理论 Market Segmentation Theory 此理论认为短期及长期利率相互无关。

市场定价 Marking to Market 一种产品定价方式，它反映市场变量当前市场价格。

到期日 Maturity Date 合约的最终到期时间。

均值回归 Mean Reversion 市场变量，例如波动率或利率，回归长期平均水平的倾向。

中间份额 Mezzanine Tranche 损失发生在股权份额之后，但在高级份额之前的份额。

修正久期 Modified Duration 一种对标准久期的修正，其目的是为了更准确地描述债券价格变化同收益率变化的比率关系，修正久期中包括收益率报价的复利频率。

蒙特卡罗模拟 Monte Carlo Simulation 一种对市场变量进行随机抽样的过程。

住房抵押债券 Mortgage-backed Security 此债券持有人的现金流来自于某一住房贷款组合。

裸露期权 Naked Position 一个不与标的资产长头寸结合的看涨期权的短头寸。

NINJA 描述没有工作、没有收入、没有资产的信用差的群体。

无套利假设 No-arbitrage Assumption 假定在市场上没有套利机会的学说。

非系统风险 Nonsystematic Risk 可以被分散的风险。

现货溢价 Normal Backwardation 期货价格低于将来现市价格的期望值。

正态分布 Normal Distribution 统计上标准的铃状分布。

正常市场 Normal Market 期货价格随着期限增大而有所增长的市场。

面值 (本金)Notional Principal 用于计算利率互换付款量的本金数量，这里的本金是一种“面值”形式，因为这一本金有可能用于或不用于支付。

数值方法 Numerical Procedure 在没有解析公式时所采用的计算方法。

期权清算中心 OCC 见清算中心(Clearinghouse)。

卖出价 Offer Price 交易商给出的资产卖出价[也被称为索取价格(Ask Price)]。

空盘量 Open Interest 期货市场上的整体长头寸数量(等于市场上的整体短头寸数量)。

公开喊价 Open Outcry 交易员在交易大厅相见，以公共喊价的形式报出价格的一种交易方式。

期权 Option 买入或卖出资产的权利。

期权调整差价 Option-adjusted Spread 此差价附加于政府债券收益率之上，并使得利率衍生产品价格等于其理论价格。

期权种类 Option Class 对于某一股票的不同期权类型(看涨或看跌)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

期权系列 Option Series 具有相同期限及行使价格的某个给定期权种类的所有期权。

指令登记员 Order Book Official 见指令登记经纪(Board Broker)。

虚值期权 Out-of-the-money Option 这种期权是(a)资产价格低于行使价格的看涨期权，或者是(b)资产价格高于行使价格的看跌期权。

场外市场 (柜台市场)Over-the-counter Market 交易员通过电话交流的市场，这里的交易员通常代表金融机构、企业或资金管理公司。

组合期权 Package 由标准欧式看涨期权、标准欧式看跌期权、远期合约及标的资产本身构成的证券组合。

平行移动 Parallel Shift 收益曲线上每一点移动量均等同的变化形式。

票面值 Par Value 债券的本金。

平价收益率 Par Yield 使得债券价格等于本金的券息。

路径依赖型期权 Path-dependent Option 期权的收益不仅仅只是与资产的终端值有关，并且与资产价格变化的路径有关。

回报 Payoff 在期权或其他衍生产品到期时所收到的现金。

简单 Plain Vanilla 用于描述标准交易的术语。

PO PO 只有本金债券。

组合免疫 Portfolio Immunization 保证资产组合与利率无关的一种做法。

证券组合保险 Portfolio Insurance 此交易策略保证交易组合的价格不低于一定的水平。

头寸限额 Position Limit 交易员(或一组交易员)所能持有的头寸限额。

期权付费 Premium 期权的价格。

提前偿付函数 Prepayment Function 此函数由其他变量来估算住房贷款本金提前偿付的数量。

本金 Principal 债券产品的面值。

程序交易 Program Trading 交易指令由计算机自动产生并由计算机向交易所自动发出交易指令。

看跌－看涨期权恒等式 Put-Call Parity 具有同样行使价格以及期限的欧式看涨期权及欧式看跌期权所满足的关系式。

看跌期权 Put Option 在将来某时刻以某指定价格卖出某资产的权利。

可提前退还债券 Puttable Bond 持有此债券的投资人在将来某时刻以指定价格将债券卖给债券发行人。

可赎回互换 Puttable Swap 互换协议的一方有权提前中止互换协议。

交叉货币度量衍生证券 Quanto 期权的收益量由某种货币决定，但收益的货币品种为另一种货币。

彩虹期权 Rainbow Option 期权收益与两个或多个标的资产变量有关。

范围远期合约 Range-forward Contract 看涨期权的长头寸与看跌期权的短头寸的组合，或者看涨期权的短头寸与看跌期权的长头寸的组合。

实物期权 Real Option 期权涉及商品实物(而不是金融工具)，商品实物可以是土地、工厂或设备等。

再平衡 Rebalancing 对交易头寸的调整，其目的是为了保证中性。

参考实体 Reference Entity CDS 中阐明的信用保护实体。

再回购 Repo 再回购协议的简称，这种协议的一方以卖出资产并在今后以稍高价格购回的形式借入资金。

再回购利率 Repo Rate 在回购协议中采用的利率。

定息日 Reset Date 在互换及上限/下限协议中，一个区间设定利率的时间。

回归水平 Reversion Level 市场变量(例如波动率)回归的水平。

Rho Rho 衍生产品价格变化同利率变化的比率。

优先权证 Rights Issue 此证券持有人在将来以某固定价格购买新发行的股票。

无风险利率 Risk-free Rate 不承担任何风险的收入利率。

风险中性定价 Risk-neutral Valuation 在期

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

权及其他衍生产品定价中假设世界为风险中性，风险中性定价给出的价格不只是对于风险中性世界而言，在所有世界，其价格均正确。

风险中性世界 Risk-neutral World 在这一世界中，投资人对所承担超出平均风险的额外风险不索取额外回报。

倒推 Roll Back 见倒退归纳(Backwords Induction)。

投机者 Scalper 此类投资人持有债券的时间非常短暂。

情景分析 Scenario Analysis 一种分析市场变量的不同情形对于组合价值不同影响的分析过程，这一名词也用于生成不同情形以及分析操作风险的损失。

SEC SEC 证券交易委员会。

交割价格 Settlement Price 在交易日结束时期货价格的平均值，此价格用于市场定价。

短头寸对冲 Short Hedge 此对冲采用期货的短头寸。

短头寸 Short Position 交易员卖出自己并不拥有的证券。

短期利率 Short Rate 适用于短暂时间区间的利率。

卖空交易 Short Selling 由其他投资人处借入资产并在市场上变卖的交易形式。

模拟 Simulation 见蒙特卡罗模拟(Monte Carlo Simulation)。

专家 Specialist 在交易所负责管理限价指令的管理人员，这些专家不向其他交易人员公布限价指令信息。

投机者 Speculator 市场上持有某个头寸的个人，通常他对于资产价格的上涨或下跌进行下赌。

即时利率 Spot Interest Rate 见零息利率(Zero-Coupon Interest Rate)。

现市价格 Spot Price 即时交割的资产价格。

即时波动率 Spot Volatility 采用不同波动率对于单一区间上限定价，并以此取得以对整个利率上限定价的波动率曲线。

静态对冲 Static Hedging 头寸在设定后无须调整的对冲策略。

本金逐渐增加互换 Step-up Swap 此互换中的本金随时间的变化以某种既定的方式递增。

随机变量 Stochastic Variable 将来价值不确定的变量。

股票股息 Stock Dividend 股票的股息以额外附加股票的形式付出。

股指 Stock Index 用于跟踪股票组合的指数。

股票指数期货 Stock Index Futures 关于股票指数的期货产品。

股指期权 Stock Index Option 一个关于股指的期权。

股票期权 Stock Option 一个关于股票的期权。

股票分股 Stock Split 每一份既存股票被转换为更多的股票。

储存费用 Storage Costs 储存某种商品的费用。

跨式期权 Straddle 一个看涨期权的长头寸与一个看跌期权的长头寸的交易组合，这里的看涨期权和看跌期权具有同样的行使价格以及到期日。

异价跨式期权 Strangle 一个看涨期权的长头寸与一个具有相同到期日的看跌期权的长头寸的交易组合，这里的看涨期权和看跌期权具有不同的行使价格。

捆绑套利 Strap 两个看涨期权的长头寸与一个看跌期权的长头寸的交易组合，这里的看涨期权和看跌期权具有同样的行使价格以及到期日。

压力测试 Stress Testing 用于检验极端的市场变化对于组合价值的影响。

行使价格 （敲定价格） Strike Price 期权合约中所阐明的资产买入或卖出的价格。

剥离套利 Strip 一个看涨期权的长头寸与两个看跌期权的长头寸的交易组合，这里的看涨期权和看跌期权具有同样的行使价格以及到期日。

剥离债券 Strip Bonds 长期国债中与本金分离的券息所产生的零息债券。

次级住房抵押贷款 Subprime Mortgage 向

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

信用历史较差或无信用历史的贷款人所发放的住房抵押贷款。

互换协议 Swap 在将来以某指定形式交换现金流的合约。

互换利率 Swap Rate 保证利率互换价格为0的固定互换利率。

互换期权 Swaption 一种在将来某时刻以某一固定利率进入利率互换的权利。

摆动期权 Swing Option 这些合约通常阐明期权持有人以某指定价格每天接受电力的最低数量以及在每月所接收电力的最高数量，期权持有人可以变化(摆动)在每月买入电力的快慢，但一般来讲合约对期权持有人的变化次数有一定限制。

合成 CDO Synthetic CDO 由卖出信用违约互换而构成的 CDO。

合成期权 Synthetic Option 由交易标的资产而构成的期权。

系统风险 Systematic Risk 不能被分散的风险。

尾随对冲 Tailing the Hedge 为了反映每天的结算而对对冲期货合约的数量进行调整的方式。

尾部损失 Tail Loss 见预期亏损(Expected Shortfall)。

持有和付财期权 Take-and-pay Option 见摆动期权(Swing Option)。

利率期限结构 Term Structure of Interest Rates 利率与其期限的变化关系。

终端值 Terminal Value 在合约到期时产品的价值。

利率期限结构 Term Structure of Interest Rates 利率与其期限的变化关系。

Theta Theta 随着时间的推移，期权或衍生产品的价值变化。

时间损耗 Time Decay 见 Theta。

时间价值 Time Value 由于今天与到期日之间的时间而产生的期权价值(等于期权价值减去内涵价值)。

总回报互换 Total Return Swap 在这一互换协议中，债券资产回报与 LIBOR 加上一个溢差进行互换，资产回报包括券息以及资产价格的升值。

份额 Tranche 具有不同风险的证券的一部分，例如 CDO 的份额。

交易费用 Transaction Costs 进行交易而产生的付费(佣金以及取得的价格与产品中间价格的差值，产品中间价格等于买入与卖出价的平均)。

短期政府债券 Treasury Bill 政府发行的用于融资的短期无券息证券。

长期国债 Treasury Bond 政府发行的用于融资的长期有券息证券。

中期国债 Treasury Note 见长期国债(Treasury Bond)(中期国债期限小于10年)。

中期国债期货 Treasury Note Futures 中期国债期货。

树 Tree 为了用于给期权及其他衍生产品定价而设定的市场变化的树形结构。

标的变量 Underlying Variable 决定期权及其他衍生产品价格的变量。

非系统风险 Unsystematic Risk 见非系统风险(Nonsystematic Risk)。

上升-敲入期权 Up-and-in Option 标的资产价格上升到一定水平之后，这一期权会得以存在。

上升-敲出期权 Up-and-out Option 标的资产价格上升到一定水平之后，这一期权会得以消失。

价格升档 Uptick 价格的增加。

风险价值度 Value at Risk 在一定置信水平之下，损失不能超出的数量。

方差-协方差矩阵 Variance-Covariance Matrix 用于表达不同市场变量之间方差及协方差的矩阵。

方差 Variance Rate 波动率的平方。

Vega Vega 期权或其他衍生产品变化同波动率变化的比率。

Vega 中性交易组合 Vega-neutral Portfolio Vega 为0的交易组合。

等待时间 Vesting Period 在这段时间内，期权不能被行使。

VIX 指数 VIX Index 关于 S&P 500 股指波动率的指数。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

波动率 Volatility 用于检验资产收益不定性的测度。

波动率倾斜 Volatility Skew 用于描述非对称波动率微笑的术语。

波动率微笑 Volatility Smile 隐含波动率作为行使价格的函数曲线。

波动率曲面 Volatility Surface 隐含波动率随行使价格及期限的变化表。

波动率互换 Volatility Swap 在此互换协议中，某计利区间的价格变化的实际波动率与某一固定波动率进行互换，计量双方现金流的本金相同。

波动率期限结构 Volatility Term Structure 隐含波动率随期限的不同变化。

认股权证 Warrant 由公司或金融机构所发行的期权，公司经常会发行关于自身股票的认股权证。

气候衍生产品 Weather Derivative 收益与天气有关的衍生产品。

万能牌游戏 Wild Card Play 在交易结束后的某时间段以交易结算价格(closing price)将期货进行交割的权利。

期权承约 Writing an Option 卖出一个期权。

收益率 Yield 由产品提供的回报率。

收益率曲线 Yield Curve 见利率期限结构(Term Structure of Interest Rate)。

零息债券 Zero-coupon Bond 没有券息的债券。

零息利率 Zero-coupon Interest Rate 无息债券所对应的收益率。

零息利率曲线 Zero-coupon Yield Curve 零息利率与时间期限之间的函数关系。

零曲线 Zero Curve 见零息利率曲线(Zero-coupon Yield Curve)。

零息利率 Zero Rate 见零息利率(Zero-coupon Interest Rate)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录 A DerivaGem 软件说明

这里介绍的软件是 DerivaGem 的 2.00 版本，与先前的版本相比有如下改进：

1. 软件进一步简化，无需 dll 文件。
2. 新增 Open Office(*. ods)版本的应用工具函数，以及针对苹果机和 Linux 用户的实例应用。
3. 可以定价一些信用衍生产品(如 CDS 和 CDO)。
4. 公开源代码。
5. 作者正在建立一个应用函数库，并且邀请此书的授课老师提交发表他们自己的应用实例(见下文)。

这一软件的 Windows 版需要 Excel 2000 或更高版本，以及操作系统 2000 或更高版本。软件包含 3 个文件：DG200. xls，DG200 functions. xls 和 DG200 applications. xls。在使用软件之前，Office 2007 的用户必须点击 Option 按钮并且选择 Enable Macros。如果你不是 Office 2007 的用户，则需要确保 Excel Macros 的安全等级设定为 Medium 或者 Low；用户可以在 Excel 中点击 Tools，选择 Macros，然后选择 Security，再选择适当的安全等级，在 Excel 开启时，用户应选择 Enable Macros。

这一软件的 Open Office 版本包含了 2 个文件：Open Office DG200 functions. ods 和 Open Office DG200 applications. ods。Open Office 的用户应该确保安全等级设定为 Medium 或者 Low，并点击选择 Enable Macros。

软件的更新可以在作者的网页 http：//www. rotman. utoronto. ca/ ~ hull 下载。

对 Windows 用户来说，软件有 2 个部分：期权计算器和应用工具。对 Open Office 的用户，只有应用工具可以使用，一些函数(如 EPortfolio，IPortfolio 和那些涉及利率树的函数)还没有在 Open Office 中实现。建议 Excel 的用户在使用应用工具之前，熟悉期权计算器。

期权计算器

DG200. xls 是一个 Windows 用户友好(user friendly)的期权计算器。该计算器包含 5 页，第 1 页可以用于股票期权、货币期权、股指期权及期货期权的计算；第 2 页可以用于美式及欧式债券期权的计算；第 3 页可以用于计算利率上限、利率下限及欧式互换期权的价格；第 4 页可以用于信用违约互换的计算；第 5 页可以用于债务抵押债券的计算。

前 3 页可以计算不同产品的价格、希腊值以及隐含波动率；这一软件可以画出期权价格、希腊值同输入变量的关系，软件同时可以展现二叉树及三叉树以说明计算过程。第 4 页可以通过 CDS 期限结构的溢差来计算违约率的期限结构，反之亦然。第 5 页可以通过相关性来计算 CDO 份额的溢差，反之亦然。

一般性操作

用户输入所有参量后，请输入回车(Enter)键，然后再点击计算(Calculate)键。如果价格是由定价树产生，用户应该选择第 1 个或第 2 个工作页，用户可以点击 Display Tree 来显示定价树，在图形显示中定价树的步数不能超过 10 步。在第 12 章和第 18 章有关于定价树的实例说明；在前 3 个工作页可以显示许多不同的图形，为了显示图形，用户首先要选择纵轴变量，横轴变量以及变量的范围，随即输入回车键，然后选择画图(Draw Graph)。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

当计算表中一个单元格(cell)或多个单元格(cells)有所变化时，用户需要点击计算指令，并同时输入回车键。

股票、货币、股指及期货期权

第1个工作页(Equity_FX_Index_Futures)可以用于股票、货币、股指及期货的期权价格计算。在计算中用户首先需选择 Underlying Type(股票、货币、股指或者期货)，然后选择 Option Type，可供选项包括：Analytic European(用布莱克－斯科尔斯－莫顿模型来计算欧式期权价格)，Binomial American(用二叉树来计算美式期权价格)，Asian，Barrier Up and In，Barrier Up and Out，Barrier Down and In，Barrier Down and Out，Binary Cash or Nothing，Binary Asset or Nothing，Chooser，Compound Option on Call，Compound Option on Put，Floating Lookback 及 Fixed Lookback。用户应该输入标的资产变量数值及期权变量数值，所有利率复利方式均为连续复利。

在对欧式及美式期权定价时，有一个窗口会弹出以便用户输入票息，用户需要在第1列中输入票息的出息时间(以今天开始以年为计)，在第2列输入票息数量，只有期权期限内的票息会被用到。

用户可以选择是对看涨期权还是看跌期权进行定价。再有，用户需要阐明是否要计算期权隐含波动率，如果用户确实想计算期权隐含波动率，则必须在名为 Price 的单元格输入期权价格。

当所有数据都被输入以后，用户应该输入回车键并点击 Calculate，如果用户选择计算隐含波动率，那么 DerivaGem 将隐含波动率显示在名为“Volatility”的单元格中(计量单位为每年百分比，% per year)。如果用户没有选择计算隐含波动率，计算器会选择输入的波动率，并将期权价格列在“Price”单元格中。

一旦完成计算，如果定价数被使用，用户可以检验定价树并且陈列图形。

当期权类型为 Analytic European 时，DeriveGem 采用第13章、第15章和第16章中的公式来计算价格及第17章中的公式计算希腊值，当类型为 Binomial Earopean 或 Binomial American 时，DerivaGem 采用第18章中所讨论的二叉树来进行计算，软件中的二叉树步数最多可以为500步。如果不是标准的看涨看跌期权，产品的希腊值可以通过扰动相关输入参数来计算获得。

输入数据大多具备自我解释(self-explanatory)功能，对于亚式期权，“Current Average”对应于由交易开始至今的平均价格，如果一个亚式期权为一个崭新的期权(从起始至今的间差距为0)，那么计算与“Current Average”单元格无关，这些单元格可以被留为空白，对于“Lookbock”期权，看涨期权的输入数据单元格包括“Minimum to Date”；对于看跌期权，输入数据单元格包括“Maximum to Date”，对于新的交易(即尚无历史数据)，这些的值应该被设定为标的资产的当前价格。

债券期权

第2个工作页(Bond_Option)可以用于对欧式及美式债券期权定价，用户首先应该选择定价模型(Black-European，Normal-Analytic European，Normal-Tree European，Normal-Amarican，Lognormal-European，或 Lognormal-American；这些模型中只有 Black-European 在本书有所讨论，见21.4节)。用户然后应该输入债券数据(Bond Data)及期权数据(Option Data)，券息为每年券息率，券息时间频率可以是每季度(Quarterly)、每半年(Semi-Annual)及每年(Annual)，在名为 Term Structure 中用户需输入零息收益曲线，在第1列中输入期限(以年为计)，在第2列输入以连续复利为计的利率，期限应该是以年为计，并按时间次序为列。DerivaGem 采用与图4-1类似的分段线性零息收益曲线的假设。在对利率衍生产品定价时，DerivaGem 不再将所有时间进位为最近的整数天数。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

当所有数据都被输入以后，用户需要输入回车键。债券价格报价以 100 美元为本金量，在完成计算后，债券价格由零收益曲线计算得出，在计算中用户应阐明期权是一个看涨期权还是一个看跌期权，同时用户还应注明行使价格是除息价格(clean price)还是带息价格(dirty price)(见第 21.4 节的讨论)，注意行使价格是以每 100 美元为计的本金量，用户应该说明是在对看涨期权定价，还是在对看跌期权进行定价，同时要阐明是否想计算隐含波动率。如果用户选择了计算隐含被动率，并且采用了正态模型或者指数正态模型，DerivaGem 只对短期利率的隐含波动率进行计算，这时 DerivaGem 会选用了一个固定的回归均值速度。

一旦所有数据都被输入，用户应该输入回车键，并且点击计算，然后用户可以检测定价树以及图形，注意定价树只陈列到期权的最后期限，在计算中 DerivaGem 采用了一个更大的定价树来对债券进行定价。

当布莱克模型被选用时，DerivaGem 运用第 21.3 节中的公式，同时运用第 21.4 节中的相关步骤将收益率波动率转换为债券价格波动率。

上限及互换期权

第 3 个工作页(Caps_and_Swap_Options)可用来对利率上限及互换期权进行定价。用户首先需要选定期权类型(Option Type)(Swap Option 或 Cap/Floor)及定价模型(Black-European，Normal-European或 Lognormal-American；这些产品中只有 Black-European 在本书的第 21.5 节和第 21.6 节有所讨论)。然后用户需要输入期权数据，阐明的交割频率等于付款的频率，选择的频率种类有每年(Annual)、每半年(Semi-Annual)、每季度(Quarterly)及每个月(Monthly)，软件计算由利率上限及互换期限的到期日并以倒推的方式计算期权的价格，最初的计利区间可能是非标准的，其长度可能介于正常计利区间的 0.5 ~ 1.5 倍，DerivaGem 可以由价格计算波动率和上限或互换利率，当采用正态或对数正态模型时，DerivaGem 只计算短期利率的波动率，同时采用一个固定的回归均值速度，在名为“Term Structure”的表格中，用户需要输入零收益曲线，在第 1 列中需要输入期限(以年为计量)，在第 2 列中需要输入连续复利利率，期限必须以年份大小为序，DerivaGem 采用了类似于图 4-1 中的分段线性零息收益曲线的假设。当所有数据被输入后，用户应该点击计算，然后图形会显示出来。采用布莱克模型时，DerivaGem 使用第 21.5 节和第 21.6 节中的公式。

信用违约互换(CDS)

CDS 工作页可以根据 CDS 溢差来计算违约率，反之亦然。用户需要输入(连续复利)利率的期限结构以及 CDS 溢差的期限结构或者违约率的期限结构。第 1 个违约率对应于零时刻到期限结构第 1 个时间点，第 2 个违约率对应的时间间隔为期限结构的第 1 个时间点到第 2 个时间点，依此类推。这里违约率为连续复利，所以根据 t 时刻的违约率 $h(t)$，假设先前没有违约，在时刻 t 到 $t+\Delta t$ 的违约概率为 $h(t)\Delta t$。我们的计算中假设违约只可能发生在支付日与支付日之间的中点时间，见第 23.2 节的实例计算(注意在那个实例中，年复利的违约率为 2%，即 2.02% 的连续复利违约率)。

债务抵押债券(CDO)

CDO 工作页使用高斯 Copula 模型，根据份额相关性计算 CDO 份额的报价，反之亦然(即根据份额的报价计算相关性)。用户可以输入份额的上界点和下界点；报价可以是以溢差基点为单位

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

或者涉及一个前端支付(up-front payment)。后一种情况下，溢差基点是固定的，而前端支付额(以份额本金的百分比)要么是用户输入的或者是隐含的(比如，iTraxx European 或 CDX NA IG 的股权份额的固定溢差为 500 个基点)。积分点个数决定了计算的精度，在大多数情况下，10 个积分点足矣(最大值为 30)。软件中会以份额本金的百分比形式显示预期损失(ExpLoss)，并且以每年每 10 000 个基点的比率显示预期支付的贴现值(PVPmts)。这样，溢差(spread)等于 ExpLoss * 10 000/PVPmts；[㊀]前端支付为 ExpLoss-(Spread * PVPmts/10 000)。[㊁]工作页可以根据用户输入的报价来推算出份额的相关性，份额相关性有时又被叫做复合相关性。另一个经常使用的相关性是"基底相关性"(本书没有讨论)。当第一个份额由 0% 开始，并且一个份额的上届点是另一个份额的下界点时，工作页可以计算基底相关性。

希腊值

在"Equity_FX_Index_Futures"工作页中，计算出的希腊值分别为：

Delta：当资产价格增长 1 美元，期权价格相应的变化量。

Gamma：当资产价格增长 1 美元，期权 Delta 相应的变化量。

Vega：当波动率增长 1%(例如，波动率由 20% 变为 21%)，期权价格相应的变化量。

Rho：当利率增长 1%(例如，利率由 5% 变为 6%)，期权价格相应的变化量。

Theta：日历日往前提进一日，期权价格的变化量。

在"Bond_Options"及"Caps_and_Swap_Options"工作表中，计算中的希腊值分别为：

DV01：当收益曲线往上平移一个基点，期权价格相应的变化量。

Gamma01：当收益曲线往上平移一个基点，DV01 相应的变化量。

Vega：当波动率增长 1%(例如：波动率由 20% 变为 21%)，期权价格相应的变化量。

应用工具

此应用工具在 Excel 中被命名为 DG200 functions. xls，在 Open Office 中被命名为 DG200 functions. ods，该工具包含各种函数，可以计算价格，隐含波动率以及希腊值；同时源代码可见。一些应用实例也包含在内，在 Excel 中被命名为 DG200 applications. xls，在 Open Office 中被命名为 DG200 applications. ods。

应用实例

A. 二叉树收敛性(Binomial Convergence)：这一应用实例用于检验第 12 章及第 18 章所讨论的二叉树的收敛性。

B. 希腊值(Greek Letters)：这一应用实例将第 17 章所讨论的希腊值图形化。

C. Delta 对冲(Delta Hedge)：这一应用实例用于检验表 17-2 及表 17-3 的 Delta 对冲的表现。

D. Delta 及 Gamma 对冲(Delta and Gamma Hedge)：这一应用实例用于检验 Delta 及 Gamma 对冲对于两值期权的表现。

E. 风险价值度(Value at Risk)：这一应用实例采用三种不同的方法来计算有同一标底的三个

㊀ 这种情况下没有前端支付，溢差只取决于 ExpLoss 和 PVPmts. ——译者注

㊁ 这里假设溢差(spread)固定(比如 500 个基点)，前端支付取决于 ExpLoss，PVPmts 和固定溢差。——译者注

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

期权所组成的交易组合的风险价值度(没有在 Open Office 中实现)。

F. 障碍期权复制(Barrier Replication)：这一应用实例进行静态期权复制计算，本书没有涉及静态期权复制(没有在 Open Office 中实现)。

G. 三叉树收敛性(Trinomial Convergence)：这一应用实例用于检验三叉树的收敛性，本书没有涉及三叉树(没有在 Open Office 中实现)。

发表你的应用实例

欢迎采用本书的教师和其他使用者在作者的网页上发表你们实现的应用实例，不论是关于 DerivaGem 的 Windows 版本还是 Open Office 版本，请把你的应用实例以及一页纸的描述寄到作者的邮箱：hull@ rotman. utoronto. ca

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录 B　世界上的主要期权期货交易所

交易所	简称	网站
澳大利亚股票交易所(Australian Stock Exchange)	ASX	www. asx. com. au
巴西商品及期货交易所(Bolsa de Mercadorias y Futuros, Brazil)	BMF	www. bmf. com. fr
孟买证券交易所 (Bombay Stock Exchange)	BSE	www. bseindia. com
波士顿期权交易所 (Boston Options Exchange)	BOX	www. bostonoptions. com
马来西亚股票交易所(Bursa Malaysia)	BM	www. bursamalaysia. com
芝加哥期权交易所 (Chicago Board Options Exchange)	CBOE	www. cboe. com
中国金融期货交易所 (China Financial Futures Exchange)	CFFEX	www. cffex. com. cn
芝加哥商品交易所集团(CME Group)		www. cmegroup. com
大连商品交易所 (Dalian Commodity Exchange)	DCE	www. dce. com. cn
欧洲期货交易所(Eurex)	EUREX	www. eurexchange. com
香港期货交易所(Hong Kong Futures Exchange)	HKFE	www. hkex. xom. hk
洲际交易所(Intercontinental Exchange)	ICE	www. theice. com
国际债券交易所(International Securities Exchange)	ISE	www. iseoptions. com
堪萨斯城交易所(Kansas City Board of Trade)	KCBT	www. kbct. com
伦敦金属交易所(London Metal Exchange)	LME	www. lme. co. uk
西班牙固定利得及不定利得金融期货交易所(MEFF Renta Fija and Variable, Spain)	MEFF	www. meff. com
墨西哥衍生产品交易所(Mexican Derivatives Exchange)	MEXDER	www. mexder. com
明尼阿波利斯谷物交易所(Minneapolis Grain Exchange)	MGE	www. mgex. com
蒙特利尔交易所(Montreal Exchange)	ME	www. me. org
纳斯达克 OMX (NASDAQ OMX)		www. nasdaqomx. com
孟买国家证券交易所 (National Stock Exchange, Mumbai)	NSE	www. nseindia. com
纽约泛欧交易所(NYSE Euronext)		www. nyse. com
大阪证券交易所(Osaka Securities Exchange)	OSE	www. ose. or. jp
上海期货交易所 (Shanghai Futures Exchange)	SHFE	www. shfe. com. cn
新加坡交易所(Singapore Exchange)	SGX	www. ses. com. sg
东京谷物交易所(Tokyo Grain Exchange)	TGE	www. tge. or. jp
东京金融交易所(Tokyo Financial Exchange)	TFX	www. tfx. co. jp
郑州商品交易所 (Zhengzhou Commodity Exchange)	ZCE	www. zce. cn

最近几年，世界上若干家衍生产品交易所纷纷进行合并。例如，芝加哥交易所和芝加哥商品交易所两家合并为一，成立了芝加哥商品交易所集团(CME Group)，同时包括纽约商品交易所(NYMEX)；Euronext 和 NYSE 两家交易所合并成立纽约泛欧交易所 NYSE Euronext，同时拥有美国股票交易所(AMEX)，太平洋交易所(PXS)，伦敦国际金融期货交易所(LIFFE)和两家法国的交易所；澳大利亚股票交易所(ASX)与悉尼期货交易所(SFE)合并为一成为澳大利亚证券交易所(ASX)；ICE 购买了 NYBOT，IPE 和 WCE；EUREX 现由德国的 Borse AG 公司及瑞士 SWX 交易所共同拥有，并且收购了国际证券交易所(ISE)。毫无疑问，交易所合并的原因在于经济规模效应，规模大的交易所会降低交易。

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录 C　$x \leqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值

下表列出了对应于 $x \leqslant 0$ 时的 $N(x)$ 的取值，此表应该与插值并用。例如

$$N(-0.1234) = N(-0.12) - 0.34 \times [N(-0.12) - N(-0.13)]$$
$$= 0.4522 - 0.34 \times (0.4522 - 0.4483)$$
$$= 0.4509$$

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-0.0	0.500 0	0.496 0	0.492 0	0.488 0	0.484 0	0.480 1	0.476 1	0.472 1	0.468 1	0.464 1
-0.1	0.460 2	0.456 2	0.452 2	0.448 3	0.444 3	0.440 4	0.436 4	0.432 5	0.428 6	0.424 7
-0.2	0.420 7	0.416 8	0.412 9	0.409 0	0.405 2	0.401 3	0.397 4	0.393 6	0.389 7	0.385 9
-0.3	0.382 1	0.378 3	0.374 5	0.370 7	0.366 9	0.363 2	0.359 4	0.355 7	0.352 0	0.348 3
-0.4	0.344 6	0.340 9	0.337 2	0.333 6	0.330 0	0.326 4	0.322 8	0.319 2	0.315 6	0.312 1
-0.5	0.308 5	0.305 0	0.301 5	0.298 1	0.294 6	0.291 2	0.287 7	0.284 3	0.281 0	0.277 6
-0.6	0.274 3	0.270 9	0.267 6	0.264 3	0.261 1	0.257 8	0.254 6	0.251 4	0.248 3	0.245 1
-0.7	0.242 0	0.238 9	0.235 8	0.232 7	0.229 6	0.226 6	0.223 6	0.220 6	0.217 7	0.214 8
-0.8	0.211 9	0.209 0	0.206 1	0.203 3	0.200 5	0.197 7	0.194 9	0.192 2	0.189 4	0.186 7
-0.9	0.184 1	0.181 4	0.178 8	0.176 2	0.173 6	0.171 1	0.168 5	0.166 0	0.163 5	0.161 1
-1.0	0.158 7	0.156 2	0.153 9	0.151 5	0.149 2	0.146 9	0.144 6	0.142 3	0.140 1	0.137 9
-1.1	0.135 7	0.133 5	0.131 4	0.129 2	0.127 1	0.125 1	0.123 0	0.121 0	0.119 0	0.117 0
-1.2	0.115 1	0.113 1	0.111 2	0.109 3	0.107 5	0.105 6	0.103 8	0.102 0	0.100 3	0.098 5
-1.3	0.096 8	0.095 1	0.093 4	0.091 8	0.090 1	0.088 5	0.086 9	0.085 3	0.083 8	0.082 3
-1.4	0.080 8	0.079 3	0.077 8	0.076 4	0.074 9	0.073 5	0.072 1	0.070 8	0.069 4	0.068 1
-1.5	0.066 8	0.065 5	0.064 3	0.063 0	0.061 8	0.060 6	0.059 4	0.058 2	0.057 1	0.055 9
-1.6	0.054 8	0.053 7	0.052 6	0.051 6	0.050 5	0.049 5	0.048 5	0.047 5	0.046 5	0.045 5
-1.7	0.044 6	0.043 6	0.042 7	0.041 8	0.040 9	0.040 1	0.039 2	0.038 4	0.037 5	0.036 7
-1.8	0.035 9	0.035 1	0.034 4	0.033 6	0.032 9	0.032 2	0.031 4	0.030 7	0.030 1	0.029 4
-1.9	0.028 7	0.028 1	0.027 4	0.026 8	0.026 2	0.025 6	0.025 0	0.024 4	0.023 9	0.023 3
-2.0	0.022 8	0.022 2	0.021 7	0.021 2	0.020 7	0.020 2	0.019 7	0.019 2	0.018 8	0.018 3
-2.1	0.017 9	0.017 4	0.017 0	0.016 6	0.016 2	0.015 8	0.015 4	0.015 0	0.014 6	0.014 3
-2.2	0.013 9	0.013 6	0.013 2	0.012 9	0.012 5	0.012 2	0.011 9	0.011 6	0.011 3	0.011 0
-23	0.010 7	0.010 4	0.010 2	0.009 9	0.009 6	0.009 4	0.009 1	0.008 9	0.008 7	0.008 4
-24	0.008 2	0.0080	0.0078	0.007 5	0.007 3	0.007 1	0.006 9	0.006 8	0.006 6	0.006 4
-25	0.006 2	0.0060	0.005 9	0.005 7	0.005 5	0.005 4	0.005 2	0.005 1	0.004 9	0.004 8
-26	0.004 7	0.004 5	0.004 4	0.004 3	0.004 1	0.0040	0.003 9	0.003 8	0.003 7	0.003 6
-27	0.003 5	0.003 4	0.003 3	0.003 2	0.003 1	0.0030	0.002 9	0.002 8	0.002 7	0.002 6
-28	0.002 6	0.002 5	0.002 4	0.002 3	0.002 3	0.002 2	0.002 1	0.002 1	0.0020	0.001 9
-2.9	0.001 9	0.001 8	0.001 8	0.001 7	0.001 6	0.001 6	0.001 5	0.001 5	0.001 4	0.001 4
-3.0	0.001 4	0.001 3	0.001 3	0.001 2	0.001 2	0.001 1	0.001 1	0.001 1	0.0010	0.001 0
-31	0.0010	0.000 9	0.000 9	0.000 9	0.000 8	0.000 8	0.000 8	0.000 8	0.000 7	0.000 7
-32	0.000 7	0.000 7	0.000 6	0.000 6	0.000 6	0.000 6	0.000 6	0.000 5	0.000 5	0.000 5
-33	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 4	0.000 4	0.000 4	0.000 4	0.000 4	0.000 4	0.000 3
-34	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 2
-35	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2
-36	0.000 2	0.000 2	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1
-37	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1
-38	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1
-3.9	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
-40	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

附录 D　$x \geqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值

下表列出了对应于 $x \geqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值，此表应该与插值并用。例如

$$
\begin{aligned}
N(0.627\,8) &= N(0.62) + 0.78 \times [N(0.63) - N(0.62)] \\
&= 0.732\,4 + 0.78 \times (0.735\,7 - 0.732\,4) \\
&= 0.735\,0
\end{aligned}
$$

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
00	0.500 0	0.504 0	0.508 0	0.512 0	0.516 0	0.519 9	0.523 9	0.527 9	0.531 9	0.535 9
01	0.539 8	0.543 8	0.547 8	0.551 7	0.555 7	0.559 6	0.563 6	0.567 5	0.571 4	0.575 3
02	0.579 3	0.583 2	0.587 1	0.591 0	0.594 8	0.598 7	0.602 6	0.606 4	0.610 3	0.614 1
03	0.617 9	0.621 7	0.625 5	0.629 3	0.633 1	0.636 8	0.640 6	0.644 3	0.648 0	0.651 7
04	0.655 4	0.659 1	0.662 8	0.666 4	0.670 0	0.673 6	0.677 2	0.680 8	0.684 4	0.687 9
05	0.691 5	0.695 0	0.698 5	0.701 9	0.705 4	0.708 8	0.712 3	0.715 7	0.719 0	0.722 4
06	0.725 7	0.729 1	0.732 4	0.735 7	0.738 9	0.742 2	0.745 4	0.748 6	0.751 7	0.754 9
07	0.758 0	0.761 1	0.764 2	0.767 3	0.770 4	0.773 4	0.776 4	0.779 4	0.782 3	0.785 2
08	0.788 1	0.791 0	0.793 9	0.796 7	0.799 5	0.802 3	0.805 1	0.807 8	0.810 6	0.813 3
0.9	0.815 9	0.818 6	0.821 2	0.823 8	0.826 4	0.828 9	0.831 5	0.834 0	0.836 5	0.838 9
10	0.841 3	0.843 8	0.846 1	0.848 5	0.850 8	0.853 1	0.855 4	0.857 7	0.859 9	0.862 1
11	0.864 3	0.866 5	0.868 6	0.870 8	0.872 9	0.874 9	0.877 0	0.879 0	0.881 0	0.883 0
12	0.884 9	0.886 9	0.888 8	0.890 7	0.892 5	0.894 4	0.896 2	0.898 0	0.899 7	0.901 5
13	0.903 2	0.904 9	0.906 6	0.908 2	0.909 9	0.911 5	0.913 1	0.914 7	0.916 2	0.917 7
14	0.919 2	0.920 7	0.922 2	0.923 6	0.925 1	0.926 5	0.927 9	0.929 2	0.930 6	0.931 9
15	0.933 2	0.934 5	0.935 7	0.937 0	0.938 2	0.939 4	0.940 6	0.941 8	0.942 9	0.944 1
16	0.945 2	0.946 3	0.947 4	0.948 4	0.949 5	0.950 5	0.951 5	0.952 5	0.953 5	0.954 5
17	0.955 4	0.956 4	0.957 3	0.958 2	0.959 1	0.959 9	0.960 8	0.961 6	0.962 5	0.963 3
18	0.964 1	0.964 9	0.965 6	0.966 4	0.967 1	0.967 8	0.968 6	0.969 3	0.969 9	0.970 6
1.9	0.971 3	0.971 9	0.972 6	0.973 2	0.973 8	0.974 4	0.975 0	0.975 6	0.976 1	0.976 7
20	0.977 2	0.977 8	0.978 3	0.978 8	0.979 3	0.979 8	0.980 3	0.980 8	0.981 2	0.981 7
21	0.982 1	0.982 6	0.983 0	0.983 4	0.983 8	0.984 2	0.984 6	0.985 0	0.985 4	0.985 7
22	0.986 1	0.986 4	0.986 8	0.987 1	0.987 5	0.987 8	0.988 1	0.988 4	0.988 7	0.989 0
23	0.989 3	0.989 6	0.989 8	0.990 1	0.990 4	0.990 6	0.990 9	0.991 1	0.991 3	0.991 6
24	0.991 8	0.992 0	0.992 2	0.992 5	0.992 7	0.992 9	0.993 1	0.993 2	0.993 4	0.993 6
25	0.993 8	0.994 0	0.994 1	0.994 3	0.994 5	0.994 6	0.994 8	0.994 9	0.995 1	0.995 2
26	0.995 3	0.995 5	0.995 6	0.995 7	0.995 9	0.996 0	0.996 1	0.996 2	0.996 3	0.996 4
27	0.996 5	0.996 6	0.996 7	0.996 8	0.996 9	0.997 0	0.997 1	0.997 2	0.997 3	0.997 4
28	0.997 4	0.997 5	0.997 6	0.997 7	0.997 7	0.997 8	0.997 9	0.997 9	0.998 0	0.998 1
2.9	0.998 1	0.998 2	0.998 2	0.998 3	0.998 4	0.998 4	0.998 5	0.998 5	0.998 6	0.998 6
30	0.998 6	0.998 7	0.998 7	0.998 8	0.998 8	0.998 9	0.998 9	0.998 9	0.999 0	0.999 0
31	0.999 0	0.999 1	0.999 1	0.999 1	0.999 2	0.999 2	0.999 2	0.999 2	0.999 3	0.999 3
32	0.999 3	0.999 3	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 5	0.999 5	0.999 5
33	0.999 5	0.999 5	0.999 5	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 7
34	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 8
35	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8
36	0.999 8	0.999 8	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
37	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
38	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
3.9	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.0000
40	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.0000

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

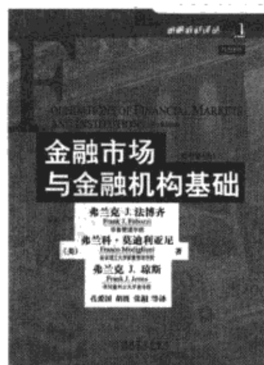
金融学

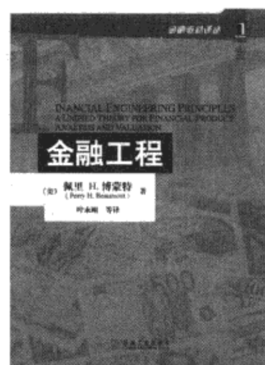


课程名称	书号	书名、作者及出版时间	版别	定价
金融衍生工具习题	978-7-111-30014-4	期权、期货及其他衍生产品习题集（第7版）（约翰.赫尔）（2010年）	外版	42
金融衍生工具	978-7-111-24882-8	金融工具与市场案例（查科）（2008年）	外版	68
金融衍生工具	978-7-111-29940-7	衍生工具（惠利）（2009年）	外版	79
金融衍生工具	978-7-111-29596-9	衍生工具与风险管理（第7版）（钱斯）（2010年）	外版	78
金融工程	978-7-111-29940-0	金融工程（博蒙特）（2010年）	外版	38
金融工程	978-7-111-26090-5	金融工程与风险管理技术（威尔莫特）（2009年）	外版	52
金融工程	978-7-111-30290-2	金融工程原理（英文版.第2版）（内夫茨）（2010年）	外版	76
金融工程	978-7-111-25437-9	期权、期货及其他衍生产品（第7版）（约翰.赫尔）（2009年）	外版	78
金融工程	978-7-111-25142-2	期权与期货市场基本原理（第6版）（约翰.赫尔）（2008年）	外版	65
金融工程	即将出版	期权与期货市场基本原理（第7版）（约翰.赫尔）（2011年）	外版	65
金融工程	978-7-111-31812-5	期权与期货市场基本原理（英文版.第6版）（约翰.赫尔）（2010年）	外版	69
金融工程	978-7-111-27491-9	衍生品市场基础（英文版）（麦克唐纳德）（2009年）	外版	62
金融工程	978-7-111-27213-7	衍生物市场基础（麦克唐纳德）（2009年）	外版	52
国际金融学	978-7-111-30273-5	国际金融（精要版）（英文版.第3版）（莫菲特）（2010年）	外版	59
国际金融学	即将出版	汇率与国际金融（第5版）（科普兰德）（2011年）	外版	62
国际金融学	即将出版	跨国公司金融（第12版）（艾特曼）（2011年）	外版	69
国际财务管理	978-7-111-27492-6	国际财务管理（第5版）（尤恩）（2009年）	外版	68
国际财务管理	978-7-111-27380-6	国际财务管理（英文版.第5版）（尤恩）（2009年）	外版	62
创业金融	即将出版	创业金融（第2版）（史密斯）（2011年）	外版	68
创业金融	978-7-111-33551-1	风险资本与创业金融（迈特里克）（2011年）	外版	58
网络金融	978-7-111-31072-3	网络金融（第2版）（精品课）（张劲松）（2010年）	本版	34
金融市场营销	978-7-111-30588-0	金融市场营销（唐小飞）（2010年）	本版	35
金融客户关系管理	978-7-111-31384-7	金融业客户关系管理（付晓蓉）（2010年）	本版	30
金融工程	978-7-111-30979-6	金融工程（李飞）（2010年）	本版	38
金融服务营销	978-7-111-30999-4	金融服务营销（周晓明）（2010年）	本版	30
金融分析	978-7-111-31108-9	金融分析：原理及应用（曹华）（2010年）	本版	45
金融分析	978-7-111-31614-5	金融建模-使用Excel和VBA（杜亚斌）（2010年）	本版	38
国际金融学	978-7-111-19964-9	国际金融学（栗书茵）（2006年）	本版	30
国际财务管理	978-7-111-26975-5	国际财务管理（“十一五”国家级规划教材）（崔学刚）（2009年）	本版	35
国际财务管理	978-7-111-21193-6	国际财务管理（余娟）（2007年）	本版	30
固定收益市场	978-7-111-32258-0	固定收益证券分析（潘席龙）（2010年）	本版	38
保险学	978-7-111-25494-2	保险学（黄守坤）（2009年）	本版	36
保险学	978-7-111-30080-9	保险学（王海艳）（2010年）	本版	30

全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

金融教材译丛系列









课程名称	书号	书名、作者及出版时间	定价
财务管理（公司理财）	978-7-111-31109-6	财务管理：以Excel为分析工具（第3版）（霍顿）（2010年）	32
投资管理	978-7-111-22595-9	现代投资组合理论与投资分析（第7版）（埃尔顿）（2007年）	68
商业银行经营管理学	978-7-111-14616-2	商业银行管理 （第7版）（罗斯）（2007年）	78
商业银行经营管理学	即将出版	商业银行管理（第8版）（罗斯）（2011年）	78
金融衍生工具	978-7-111-24882-8	金融工具与市场案例（查科）（2008年）	68
金融衍生工具	978-7-111-29040-7	衍生工具（惠利）（2009年）	79
金融衍生工具	978-7-111-29596-9	衍生工具与风险管理（第7版）（钱斯）（2010年）	78
金融学（货币银行学）	978-7-111-22274-3	货币银行学：货币、银行业和金融市场（托马斯）（2008年）	78
金融数学	978-7-111-26822-2	金融与保险精算数学（陈伟森）（2009年）	48
金融市场学	978-7-111-26909-0	货币、金融市场与金融机构（第10版）（基德维尔）（2009年）	78
金融市场学	978-7-111-29552-5	金融市场与机构（第8版）（马杜拉）（2010年）	65
金融市场学	978-7-111-25441-6	金融市场与金融机构（第5版）（米什金）（2008年）	69
金融市场学	978-7-111-31493-6	金融市场与金融机构基础（第4版）（法博齐）（2010年）	79
金融市场学	978-7-111-26841-3	现代金融市场：价格、收益及风险分析（布莱克威尔）（2009年）	58
金融工程	978-7-111-29940-0	金融工程（博蒙特）（2010年）	38
金融工程	978-7-111-26090-5	金融工程与风险管理技术（威尔莫特）（2009年）	52
金融工程	即将出版	期权与期货市场基本原理（第7版）（约翰.赫尔）（2011年）	65
金融工程	978-7-111-27213-7	衍生物市场基础（麦克唐纳德）（2009年）	52
兼并、收购与公司重组	即将出版	兼并、收购和公司重组（第2版）（阿扎克）（2011年）	49
国际金融学	即将出版	汇率与国际金融（第5版）（科普兰德）（2011年）	62
国际金融学	即将出版	跨国公司金融（第12版）（艾特曼）（2011年）	69
国际金融案例	978-7-111-22673-4	国际金融案例（德赛）（2007年）	48
创业金融	即将出版	创业金融（第2版）（史密斯）（2011年）	68
创业金融	978-7-111-33551-1	风险资本与创业金融（迈特里克）（2011年）	58
（证券）投资学	978-7-111-23031-1	投资学：分析与管理（第10版）（琼斯）（2008年）	69
（证券）投资学	978-7-111-30587-3	投资学：以Excel为分析工具（第3版）（霍顿）（2010年）	38
银行经济学	978-7-111-23664-1	银行经济学（马修斯）（2008年）	32

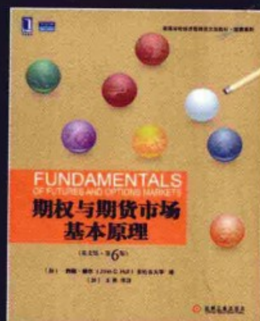
全国最低交易手续费免费办理国内正规商品股指原油期货开户 零佣金 不限资金量和交易量直接申请交易所手续费
任何地方费用比我们低 10倍赔偿差价 客服微信/QQ：958218088 期货开户和书籍下载请进:http://www.7help.net

内容简介

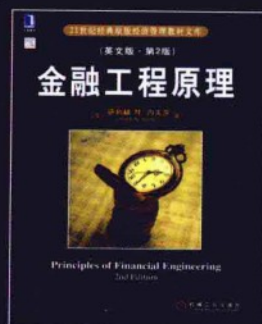
本书是约翰·赫尔教授专门为那些没有受过金融数学系统训练的高校学生和从业人员而写的，其内容囊括了《期权、期货及其他衍生产品》一书的基础理论，提供了大量业界实例，而且没有涉及到微积分应用。

相较旧版，第7版新增了两章全新的内容，一是介绍了次级贷款派生出来的产品，讨论其问题所在，并展望将来如何防范危机；二是特别讲述了雇员股票期权，强调由于会计准则的变化使得学生应该更加重视对雇员股票期权的理解以及定价。另外，作者还为该书配套了包含信用衍生产品的DerivaGem软件，它可以定价多种期权，也可以检测期权的性质并可以较为容易地将这些程序用于数值计算。

本书适用于金融、财务或相关专业的本科生，以及MBA或其他非经济类研究生。另外，从业人员可以选用这本书来提高自身对于期货及期权的了解。



作者：约翰 C. 赫尔
(John C. Hull)
ISBN 978-7-111-31812-5
定价：69.00元



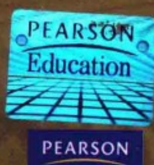
作者：萨利赫 N. 内夫茨
(Salih N. Neftci)
ISBN 978-7-111-30290-2
定价：76.00元

客服热线：
(010) 88379210, 88361066
购书热线：
(010) 68326294, 88379649, 68995259
投稿热线：
(010) 88379007
读者信箱：
hzjg@hzbook.com

华章网站 http://www.hzbook.com

网上购书：www.china-pub.com





www.pearsonhighered.com

封面设计·锡 彬



定价：65.00元